

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-2837

(P2000-2837A)

(43)公開日 平成12年1月7日(2000.1.7)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 15/16
13/18

G 0 2 B 15/16
13/18

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数19 F D (全 51 頁)

(21)出願番号

特願平10-183332

(22)出願日

平成10年6月15日(1998.6.15)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 佐藤 治夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(74)代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

Fターム(参考) 2H087 MA18 PA08 PA16 PB11 PB13

PB14 QA02 QA07 QA17 QA22

QA25 QA26 QA34 QA41 QA42

QA45 QA46 RA05 RA12 RA36

SA07 SA09 SA62 SA63 SB05

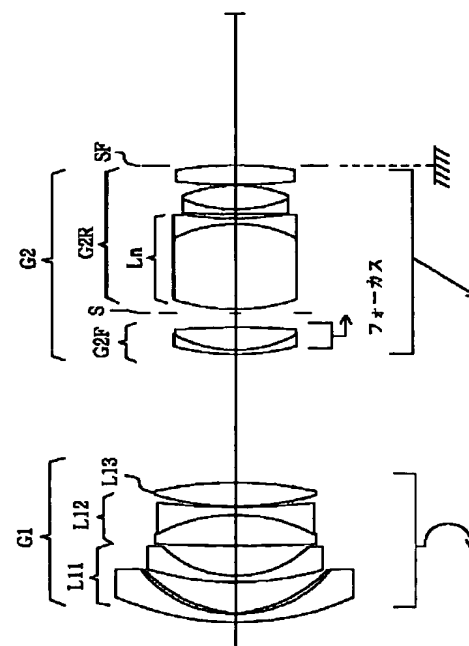
SB07 SB11

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 最大面角が 100° を越える超広角領域をカバーし、比較的大きい口径比および変倍比を有する、小型で高性能な超広角ズームレンズ。

【解決手段】 負屈折力の第1レンズ群G1と、正屈折力の第2レンズ群G2とを備え、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔を変化させることによって変倍を行う。第1レンズ群G1は、非球面レンズを含んだ負屈折力の第1レンズ成分L11と、負屈折力の第2レンズ成分L12と、正屈折力の第3レンズ成分L13とを有する。第1レンズ成分L11中の非球面レンズの非球面を表す式(a)において3次の非球面係数 C_3 が所定の条件式を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とを備え、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔を変化させることによって変倍を行うズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、少なくとも1枚の非球面レンズを含み全体として負の屈折力を有する第1レンズ成分L11と、負の屈折力を有する第2レン

$$S(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2/R^2)^{1/2}\} \\ + C_3 \cdot |y|^3 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 \\ + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} + C_{16} \cdot y^{16} \quad (a)$$

の非球面式で表現され、該非球面式(a)における前記3次の非球面係数C3は、

$$-7 \times 10^{-3} \leq C_3 \leq -1 \times 10^{-8} \quad (1)$$

の条件を満足することを特徴とする超広角ズームレンズ。

【請求項2】 前記非球面式(a)における前記円錐係数κは、

$$-1 < \kappa < 1 \quad (2)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項3】 前記第1レンズ群G1中の前記第1レン

$$0.8 \leq |f1| / (fw \cdot ft)^{1/2} \leq 1.5 \quad (4)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項5】 前記第1レンズ群G1の焦点距離をf1とし、無限遠合焦状態における前記第2レンズ群G2の焦点距離をf2としたとき、

$$0.1 \leq |f1| / f2 \leq 0.95 \quad (5)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項6】 前記第2レンズ群G2は、物体側から順に、第2レンズ群前群G2Fと、第2レンズ群後群G2Rとを有し、

前記第2レンズ群前群G2Fのみを光軸に沿って移動させることによって近距離物点への合焦を行うことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項7】 広角端での無限遠合焦状態における前記第2レンズ群前群G2Fの結像倍率をβwとし、望遠端での無限遠合焦状態における前記第2レンズ群前群G2Fの結像倍率をβtとし、望遠端での最近接撮影状態における撮影倍率をMtとしたとき、

$$0 < |\beta w \cdot Mt / \beta t| < 1 \quad (6)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項6に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項8】 前記第2レンズ群前群G2Fは、互いに独立した正レンズと負レンズとを有するか、あるいは正レンズと負レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズを

ズ成分L12と、正の屈折力を有する第3レンズ成分L13とを有し、

光軸に垂直な方向の高さをyとし、高さyにおける非球面の頂点の接平面から非球面までの光軸に沿った距離(サグ量)をS(y)とし、基準の曲率半径をRとし、円錐係数をκとし、n次の非球面係数をCnとすると、前記第1レンズ成分L11中の前記非球面レンズの非球面は、

【数1】

$$S(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2/R^2)^{1/2}\} \\ + C_3 \cdot |y|^3 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 \\ + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} + C_{16} \cdot y^{16} \quad (a)$$

ズ成分L11は、非球面負レンズを有し、

前記第1レンズ成分L11中の前記非球面負レンズの焦点距離をfaspとし、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、

$$1.3 \leq |fasp| / fw \leq 4 \quad (3)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項4】 前記第1レンズ群G1の焦点距離をf1とし、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離をfwとし、望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離をftとしたとき、

$$0.8 \leq |f1| / (fw \cdot ft)^{1/2} \leq 1.5 \quad (4)$$

有し、

前記第2レンズ群後群G2Rは、厚肉の正レンズと負レンズとの貼り合わせからなる接合レンズLnを有することを特徴とする請求項6または7に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項9】 前記第2レンズ群後群G2R中の前記接合レンズLnは、厚肉の正レンズと、該厚肉の正レンズよりも薄肉の負レンズとから構成され、

前記厚肉の正レンズの中心厚をdpとし、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、

$$0.58 < dp / fw < 3 \quad (7)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項8に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項10】 前記第1レンズ群G1中の前記第1レンズ成分L11または前記第2レンズ成分L12には、負レンズと正レンズとの貼り合わせからなる少なくとも1つの接合負レンズが含まれ、

前記接合負レンズ中の前記負レンズの屈折率は前記正レンズの屈折率よりも大きく、且つ前記負レンズのアップベ数は前記正レンズのアップベ数よりも小さいことを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の超広角ズームレンズ。

【請求項11】 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とを備え、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔を変化させることによって変倍を行

うズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群G2は、物体側から順に、第2レンズ群前群G2Fと、第2レンズ群後群G2Rとを有し、

前記第2レンズ群前群G2Fのみを光軸に沿って移動させることによって近距離物点への合焦を行い、

前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ成分L11と、負の屈折力を有する第2レンズ成分L12と、正の屈折力を有する第3レンズ成分L13とを有し、

前記第2レンズ群後群G2Rは、物体側から順に、正または負の屈折力を有するレンズ成分LR1と、正の屈折力を有するレンズ成分LR2とを少なくとも有し、

前記第2レンズ群前群G2Fの焦点距離を $f2F$ とし、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離を fw としたと

$$-0.5 \leq (rc + rb) / (rc - rb) \leq 1 \quad (10)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項11または12に記載の内焦式ズームレンズ。

【請求項14】 広角端での無限遠合焦状態における前記第2レンズ群前群G2Fの結像倍率を βw とし、望遠端での無限遠合焦状態における前記第2レンズ群前群G2Fの結像倍率を βt とし、望遠端での最近接撮影状態における撮影倍率を Mt としたとき、

$$0 < |\beta w \cdot Mt / \beta t| < 1 \quad (11)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項11乃至13のいずれか1項に記載の内焦式ズームレンズ。

【請求項15】 前記第1レンズ群G1中の前記第2レンズ成分L12の像側の面の曲率半径を ra とし、前記第1レンズ群G1中の前記第3レンズ成分L13の物体側の面の曲率半径を rb としたとき、

$$0.8 < ra / rb < 3 \quad (12)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項11乃至14のいずれか1項に記載の内焦式ズームレンズ。

【請求項16】 前記第2レンズ群後群G2R中の前記レンズ成分LR1は、厚肉の正レンズと、該厚肉の正レンズよりも薄肉の負レンズとから構成され、前記厚肉の正レンズの中心厚を dp とし、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離を fw としたとき、

$$0.58 < dp / fw < 3 \quad (13)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項11乃至15のいずれか1項に記載の内焦式ズームレンズ。

【請求項17】 前記第2レンズ群前群G2Fは、互いに独立した正レンズと負レンズとを有するか、あるいは正レンズと負レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズを有し、

前記第2レンズ群後群G2R中の前記レンズ成分LR1は、厚肉の正レンズと負レンズとの貼り合わせからなる接合レンズを有し、

前記第2レンズ群後群G2R中の前記レンズ成分LR2は、負レンズと正レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズを含んでいることを特徴とする請求項11乃至16の

き、

$$2.8 \leq f2F / fw \leq 8 \quad (8)$$

の条件を満足することを特徴とする内焦式ズームレンズ。

【請求項12】 前記第1レンズ群G1の焦点距離を $f1$ とし、無限遠合焦状態における第2レンズ群G2の焦点距離を $f2$ としたとき、

$$0.1 \leq |f1| / f2 \leq 0.95 \quad (9)$$

の条件を満足することを特徴とする請求項11に記載の内焦式ズームレンズ。

【請求項13】 前記第1レンズ群G1中の前記第3レンズ成分L13の物体側の面の曲率半径を rb とし、前記第3レンズ成分L13の像側の面の曲率半径を rc としたとき、

いずれか1項に記載の内焦式ズームレンズ。

【請求項18】 前記第1レンズ群G1中の前記第1レンズ成分L11または前記第2レンズ成分L12には、少なくとも1面の非球面が含まれていることを特徴とする請求項11乃至17のいずれか1項に記載の内焦式ズームレンズ。

【請求項19】 前記第1レンズ群G1中の前記第1レンズ成分L11または前記第2レンズ成分L12には、負レンズと正レンズとの貼り合わせからなる少なくとも1つの接合負レンズが含まれ、

前記接合負レンズ中の前記負レンズの屈折率は前記正レンズの屈折率よりも大きく、且つ前記負レンズのアップベ数は前記正レンズのアップベ数よりも小さいことを特徴とする請求項11乃至18のいずれか1項に記載の内焦式ズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はズームレンズに関し、特に負先行型の大画角を有する超広角ズームレンズ、および負先行型の大画角を有する内焦式ズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、物体側から負レンズ群・正レンズ群の順に始まる、いわゆる広角ズームレンズが多数提案されているが、最大画角 100° を越えるような超広角の領域をカバーする超広角ズームレンズの提案は数少ない。例えば、特開平4-15612号公報には、最大画角 112.7° を有し、Fナンバー3.5の口径を有する、3群構成の超広角ズームレンズが提案されている。

【0003】 また、本発明と同一の出願人の出願にかかる特開平4-235514号公報および特開平4-235515号公報には、最大画角 111.2° を有し、Fナンバー4.1の口径を有し、約1.6倍の変倍比を有する、4群構成の超広角ズームレンズが提案されてい

る。さらに、本発明と同一の出願人の出願にかかる特開平 9-171139 号公報および特開平 9-171140 号公報には、最大画角 107° を有し、F ナンバー 4.1 の口径を有し、約 1.75 倍の変倍比を有する、2 群構成の超広角ズームレンズが提案されている。

【0004】一方、負先行型（最も物体側の第 1 レンズ群が負屈折力を有するタイプ）のズームレンズにおける近距離合焦方式として、負屈折力の第 1 レンズ群を繰り出す方式が従来より一般的であった。これは、この 1 群繰り出し方式では、変倍時に各焦点距離状態において同一距離物点に対する合焦レンズ群の移動量（合焦移動量）が一定になるという利点があるためである。しかしながら、いわゆる超広角ズームレンズの場合、負屈折力の第 1 レンズ群がその大画角のために大型化し、全体的に複雑な構成になり、構成枚数も増える傾向がある。また、近年のオートフォーカス化された光学系に 1 群繰り出し方式を採用すると、合焦レンズ群の大型化が合焦時のレスポンスを悪化させるので好ましくない。したがって、大型の第 1 レンズ群よりも像側に位置する小型の正レンズ群である第 2 レンズ群以降で合焦を行う、いわゆる内焦方式の広角ズームレンズが望まれていた。

【0005】また一方では、特に超広角領域をカバーするズームレンズにおいて、さらに高い変倍比を有し、さらに大口径化され、製造組み立てが容易で、小型で、コストパフォーマンスの優れたレンズ構成およびレンズタイプが望まれていた。このような条件を満足するには、小型の正レンズ群である第 2 レンズ群を分割し、その前群を移動させることにより合焦を行う方式の負先行型の 2 群構成のズームレンズが最適であり、この種のズームレンズについて若干の提案がなされている。なお、この種のズームレンズとして、古くは特開昭 60-55310 号公報に開示されたズームレンズが知られている。また、さらに小型化を進めたこの種のズームレンズとして、特開平 8-327907 号公報に開示されたズームレンズが知られている。

【0006】また、特開平 5-173070 号公報には、負正負正の 4 群構成の第 2 レンズ群を分割しその一部のレンズ群を移動させて合焦を行う方式のズームレンズが開示されている。さらに、特開平 8-248312 号公報、特開平 8-304704 号公報、および特開平 8-248314 号公報には、負正正の 3 群構成の第 2 レンズ群、または負正正負正の 5 群構成の第 2 レンズ群を移動させて合焦を行う方式のズームレンズが開示されている。また、本発明と同一の出願人の出願にかかる特開平 9-171139 号公報および特開平 9-171140 号公報には、超広角の領域をカバーしつつ高変倍比を有し、小型で、高性能な負正 2 群構成のズームレンズが開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】一般に、大画角をカバ

ーし、且つ高い変倍比および比較的大きい口径を有するズームレンズを実現しようとする、広角側の軸外光線および望遠側の軸上光線に対する諸収差の補正が問題になる。従来の広角ズームレンズでは、非球面係数の奇数次項、特に 3 次項の収差補正効果を利用して上述の諸収差を補正している例はない。

【0008】特開平 4-15612 号公報に記載されたズームレンズにおいては、負屈折力の第 1 レンズ群中の正レンズに非球面を 1 面設けて、広角側の歪曲収差を中心に収差補正を行なっている。一般に、特に最大画角 100° を越えるような超広角レンズや超広角ズームレンズの場合、より物体側に配置された正レンズは、歪曲収差の絶対量を減少させても、画角の差による歪曲収差の変化量（傾きまたは微分値に相当）を増加させる傾向がある。なお、この点は、倍率色収差や非点収差についても同様である。

【0009】したがって、特開平 4-15612 号公報の構成は収差補正的に好ましくなく、歪曲収差をはじめとする諸収差の補正状態も満足できるものではない。また、この公報の構成は、製造的にも所要精度が厳しくなるので好ましくない。さらに、より物体側に位置する正レンズの巨大化、ひいては前玉径の巨大化を招くので、アタッチメント・フィルターを装着することができない。このように、特開平 4-15612 号公報に開示のズームレンズは、大型で、変倍比も小さく、さらなる高変倍率化、小型化および高性能化が望まれている。

【0010】また、特開平 4-235514 号公報および特開平 4-235515 号公報に開示されているズームレンズにおいては、最大画角 112° を有し、第 1 レンズ（最も物体側のレンズ）に非球面を 1 面設けて、広角側の歪曲収差を中心に収差補正を行なっている。しかしながら、これらの公報に開示のズームレンズは、全長が大型で、前玉径も大型である。また、歪曲収差をはじめとする諸収差の補正状態も満足できるものではなく、さらなる高変倍率化、小型化および高性能化が望まれている。さらに、特開平 9-171139 号公報および特開平 9-171140 号公報では、比較的小型で簡素な 2 群構成により、ハイスpekクなズームレンズを実現している。しかしながら、この種のズームレンズに対して、更なる大口径化、高変倍率化、小型化および高性能化が望まれている。

【0011】一方、合焦方式に関する特開昭 60-55310 号公報および特開平 8-327907 号公報に開示されているズームレンズは、最大画角が $2\omega = 64^\circ \sim 85^\circ$ 程度と小さく、これらの光学系の構成およびパワー（屈折力）配置を基本にして更なる広角化および高倍化を進めることは困難である。また、これらの公報に開示のズームレンズは、光学性能的にも満足できるものではない。

【0012】また、特開平 5-173070 号公報に

は、上述のように、負正負正の4群構成の第2レンズ群を分割し、その前群を移動させることにより近距離物点に合焦する方式の多群ズームレンズが開示されている。しかしながら、この公報に開示のズームレンズは、レンズ群構成が複雑且つ大型で、最大画角も94°程度までしかカバーしていない。したがって、このレンズ構成およびパワー配置を基本にして更に広角化を進めた場合、更に大型化する可能性がある。

【0013】さらに、特開平8-248312号公報、特開平8-304704号公報および特開平8-248314号公報に開示されているズームレンズにおいては、広角側の最大画角が小さいこともさることながら、合焦レンズ群が変倍時にも独立して移動する構成を採用しているため、設計自由度は増えているが構造が複雑になり、組み立て時の偏心の原因が増え、結果的にコストアップにつながっている。また、これらの公報に開示のズームレンズは、光学性能的にも満足できるものではない。

【0014】また、特開平9-171139号公報および特開平9-171140号公報に開示されているズームレンズは、構造も単純で構成枚数も少なく、画角 $2\omega = 100^\circ$ を越える超広角ズームレンズである。しかしながら、近距離合焦に際して第1レンズ群を移動させる一般的な1群繰り出し方式を採用しているため、上述したように、合焦レンズ群が大型で合焦時のレスポンスを悪化させる可能性がある。また、これらの公報に開示のズームレンズでは、近距離収差変動を大きく改善するとともに、更なる高性能化および小型化を進める必要であ

$$S(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2/R^2)^{1/2}\} \\ + C_3 \cdot |y|^3 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 \\ + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} + C_{16} \cdot y^{16} \quad (a)$$

の非球面式で表現され、該非球面式(a)における前記3次の非球面係数 C_3 は、

$$-7 \times 10^{-3} \leq C_3 \leq -1 \times 10^{-6} \quad (1)$$

の条件を満足することを特徴とする超広角ズームレンズを提供する。

【0017】第1発明の好ましい態様によれば、前記非球面式(a)における前記円錐係数 κ は、

$$-1 < \kappa < 1 \quad (2)$$

の条件を満足する。また、前記第1レンズ群G1中の前記第1レンズ成分L11は、非球面負レンズを有し、前記第1レンズ成分L11中の前記非球面レンズの焦点距離を f_{asp} とし、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離を f_w としたとき、

$$1.3 \leq |f_{asp}| / f_w \leq 4 \quad (3)$$

の条件を満足することが好ましい。

【0018】一方、本発明の第2発明では、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とを備え、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔を変化さ

る。

【0015】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、最大画角が 100° を越える超広角領域をカバーし、比較的大きい口径比および変倍比を有する、小型で高性能な超広角ズームレンズを提供することを目的とする。また、単純なレンズ群構成および構成枚数でコストパフォーマンスに優れ、最大画角が 100° を越える超広角領域をカバーし、比較的大きい口径比および変倍比を有する、小型で高性能な内焦式ズームレンズを提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明の第1発明では、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とを備え、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔を変化させることによって変倍を行うズームレンズにおいて、前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、少なくとも1枚の非球面レンズを含み全体として負の屈折力を有する第1レンズ成分L11と、負の屈折力を有する第2レンズ成分L12と、正の屈折力を有する第3レンズ成分L13とを有し、光軸に垂直な方向の高さを y とし、高さ y における非球面の頂点の接平面から非球面までの光軸に沿った距離(サグ量)を $S(y)$ とし、基準の曲率半径を R とし、円錐係数を κ とし、 n 次の非球面係数を C_n とすると、前記第1レンズ成分L11中の前記非球面レンズの非球面は、

【数2】

せることによって変倍を行うズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2は、物体側から順に、第2レンズ群前群G2Fと、第2レンズ群後群G2Rとを有し、前記第2レンズ群前群G2Fのみを光軸に沿って移動させることによって近距離物点への合焦を行い、前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ成分L11と、負の屈折力を有する第2レンズ成分L12と、正の屈折力を有する第3レンズ成分L13とを有し、前記第2レンズ群後群G2Rは、物体側から順に、正または負の屈折力を有するレンズ成分LR1と、正の屈折力を有するレンズ成分LR2とを少なくとも有し、前記第2レンズ群前群G2Fの焦点距離を f_{2F} とし、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離を f_w としたとき、

$$2.8 \leq f_{2F} / f_w \leq 8 \quad (8)$$

の条件を満足することを特徴とする内焦式ズームレンズを提供する。

【0019】第2発明の好ましい態様によれば、前記第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 とし、無限遠合焦状態における第2レンズ群G2の焦点距離を f_2 としたと

き、

$$0.1 \leq |f_1|/f_2 \leq 0.95 \quad (9)$$

の条件を満足する。また、前記第1レンズ群G1中の前

$$-0.5 \leq (r_c + r_b) / (r_c - r_b) \leq 1 \quad (10)$$

の条件を満足することが好ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】まず、第1発明の基本的な構造について説明する。なお、本明細書において、「レンズ成分」とは、単レンズや接合レンズの集合を含む広い概念である。したがって、1つのレンズ成分とは、その最も広い概念において1つのレンズ群と同じである。第1発明は、基本的に負・正の屈折力配置を有する2群構成のズームレンズタイプにおいて超広角化、高変倍化および小型化を実現し、且つ高性能で比較的大口径の大きいズームレンズを実現したことを最大の特徴としている。特に特徴的なことは、このクラスとしては画角が非常に大きく且つ口径が比較的大きい光学系において、歪曲収差、コマフレアーおよび望遠側の球面収差が非常に良好に補正されていることであり、加えてこの光学系が負・正の2群ズームレンズで実現されている点である。これらの特徴は、負屈折力の第1レンズ群G1中の第1レンズ成分L11に導入した非球面に対して従来技術に見られない

$$X = C_2 \rho^2 + C_4 \rho^4 + C_6 \rho^6 + \dots \quad (b)$$

また一般的には、次の式(c)で表される。

$$X = \rho^2 \cdot (1/2r) + C_4 \rho^4 + C_6 \rho^6 + \dots \quad (c)$$

【0023】球面系においても、偶数次項の非球面係数だけを有する非球面においても、屈折面を表す式が ρ の偶数次項だけで表されるがゆえに3次収差は発生する。したがって、屈折面を表す非球面式が奇数次項を含む場合、今までに存在しない2次収差や4次収差等の偶数次の収差が発生することになる。また、単一曲面且つ非球面の場合を想定すると、球面収差はまさに非球面係数

$$X = \rho^2 \cdot (1/2r) + C_3 \rho^3 + C_4 \rho^4 + C_6 \rho^6 + \dots \quad (d)$$

【0025】したがって、例えば2次の球面収差を導出すると、以下の式(e)に示すようになる。

$$\Delta Y_k' = \{3 \cdot (n_k' \cdot u_k')^{-1}\} \times \{\sum_{i=1 \sim k} (n_i' - n_i) C_{3i} \cdot h_i^3\} \times R^2 \quad (e)$$

ここで、 ΔY は2次の球面収差を、 n は屈折率を、 u は光軸とのなす角を、 C_{3i} は各面における3次の非球面係数を、 h は入射高を、 R は入射瞳半径を示している。また、 $\sum_{i=1 \sim k}$ は、 $i=1$ から $i=k$ までの総和を表す。

【0026】したがって、3次の球面収差が入射高 h の4乗に比例し且つ入射瞳半径 R の3乗に比例するのに対し、2次の球面収差は入射高 h の3乗に比例し且つ入射瞳半径 R の2乗に比例する。したがって、3次項(3次の非球面係数)を導入することにより、今まで補正しきれなかった低次の収差を補正することができ、その結果さらなるスペックアップおよび高性能化が可能になる。当然に、歪曲収差やコマ収差等の他の収差についても同

記第3レンズ成分L13の物体側の面の曲率半径を r_b とし、前記第3レンズ成分L13の像側の面の曲率半径を r_c としたとき、

収差補正効果を負担させることが可能になっているからである。

【0021】ここで、非球面と収差補正との関係、特に奇数次項の非球面係数と収差補正との関係について解説する。一般に、光学系は回転対称に形成されるので、非球面は偶数次項の級数の和で表現される。しかしながら、第1発明では、非球面を表す式すなわち非球面式に奇数次項を導入し、収差補正に対して奇数次項をより有効に活用している。非球面をメリディオナル面内で考えると、奇数次項では像高 Y の符号によってサグ量 X の値が異なり、回転対称性が成立しないように思える。しかしながら、光軸に沿って X 軸を設定した直交座標(X , Y , Z)において、 $\rho = \sqrt{Y^2 + Z^2}$ で考えれば符号が一致して回転対称性が成立する。

【0022】レンズ面(屈折面)が ρ の偶数次項で表される非球面である場合、その非球面のサグ量 X は次の式(b)で表される。

に対応する。したがって、非球面式に奇数次項の非球面係数を導入することは、まさに球面系では得られない収差補正効果が得られることに他ならない。

【0024】ここで、偶数次項の非球面係数だけを有する非球面式(c)に3次項および5次項加えると、次の非球面式(d)が得られる。

【数3】

【数4】

様である。特に第1発明のように超広角ズームレンズの負屈折力の第1レンズ群G1中の第1レンズ成分L11に上述のような非球面を導入した場合、広角側の低次の負の歪曲収差の補正能力が高くなる。したがって、従来技術では歪曲収差の像高に対する傾き(微分値)が大きく、いわゆる陣笠形状をしていたが、非球面式への3次項の導入により歪曲収差が格段に改善される。

【0027】また、コマ収差および球面収差についても同様に、低次の収差をより良好に補正することができるため、例えば口径を大きくすることによって生じる入射高の比較的低い部分の負の収差を良好に補正し、最小錯乱円を小さくすることが可能になる。特に望遠側で効果

的であり、大口径化が可能になる。また、第1発明においては、望遠側の軸上平行光線（ランド光線）に対する偏角 α が大きいレンズ面に導入する方が効果が大きいいため、像側に凹面を向けたレンズ面に上述のような非球面を導入することが望ましい。

【0028】以下、第1発明の条件式について説明する。第1発明においては、第1レンズ成分L11中の非球面レンズの非球面が前述の式(a)で表現され、以下の条件式(1)を満足する。

$$-7 \times 10^{-3} \leq C_3 \leq -1 \times 10^{-6} \quad (1)$$

ここで、 C_3 は、第1レンズ成分L11中の非球面レンズの非球面を表す式(a)における3次の非球面係数である。

【0029】条件式(1)は、負屈折力の第1レンズ群G1中の第1レンズ成分L11に導入した非球面を表す式(a)における3次の非球面係数について適切な範囲を規定する条件式である。第1レンズ成分L11に導入された非球面が第1発明で指定された非球面式(a)で表現されたとき、広角側において歪曲収差およびコマ収差を、望遠側において球面収差およびコマ収差をそれぞれ良好に補正するために、上述のように3次項の適切な条件設定が必要である。

【0030】条件式(1)の上限値を上回るとは、負の値を有する3次の非球面係数の絶対値成分が小さくなることを意味する。したがって、この上限値を上回ると、上述のような各収差補正の効果が薄れて、本発明の効果を十分に生かすことができなくなってしまう。なお、条件式(1)の上限値を -5×10^{-6} に設定すると、より良い収差補正を行うことができる。また、条件式(1)の上限値を -1×10^{-6} に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0031】一方、条件式(1)の下限値を下回るとは、負の値を有する3次の非球面係数の絶対値成分が非常に大きくなることを意味する。この下限値を下回ると、特に2次の球面収差の影響で入射高の比較的低いところの球面収差が大きく正の方向に変位し、結果的に球面収差の傾き（微分値）が大きくなり、いわゆるうねりが顕著になり、光学性能が低下してしまう。また、前述のように、コマ収差や歪曲収差等の諸収差も補正過多となり、逆に収差補正状態が悪化する結果になる。なお、条件式(1)の下限値を -5×10^{-3} に設定すると、より良い収差補正を行うことができる。また、条件式(1)の下限値を -1×10^{-3} に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0032】また、第1発明においては、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$-1 < \kappa < 1 \quad (2)$$

ここで、 κ は、第1レンズ成分L11中の非球面レンズの非球面を表す式(a)における円錐係数である。

【0033】条件式(2)は、第1レンズ群G1中の第

1レンズ成分L11に導入した非球面を表す式(a)における円錐係数 κ について適切な範囲を規定する条件式である。第1レンズ成分L11に導入された非球面が第1発明で指定された非球面式(a)で表現されたとき、適切な値に設定された3次項に加えて円錐係数 κ の項を活用することによって更に良好な収差補正が可能になる。第1発明の場合、条件式(2)を満足するように円錐係数 κ を設定し、球面以外の2次曲面をベースにした非球面を使用することによって、特に広角側の歪曲収差の補正、およびコマ収差の補正を助けている。

【0034】条件式(2)の上限値を上回ると、円錐係数 κ が大きくなりすぎて、屈折面の形状が球面を越え、光軸近傍で曲率が弱く周辺部で曲率強い楕円形状を有する非球面になり、逆に広角側の歪曲収差の補正、およびコマ収差の補正に悪影響が及ぶので好ましくない。なお、条件式(2)の上限値を0.8に設定すると、さらに良好な収差補正が可能になる。また、条件式(2)の上限値を0.5に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0035】一方、条件式(2)の下限値を下回ると、円錐係数 κ が小さくなりすぎて、周辺部分の曲率が著しく弱い非球面となる。その結果、第1発明のように比較的物体側に位置する負レンズに非球面を導入する場合、周辺部分の屈折力が弱まり、斜光線の入射高が高くなり、前玉径が大型化する可能性が高くなるので好ましくない。なお、条件式(2)の下限値を -0.8 に設定すると、さらなる小型化を実現することができる。また、条件式(2)の下限値を -0.5 に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0036】また、第1発明においては、第1レンズ成分L11が非球面負レンズを有し、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$1.3 \leq |f_{asp}| / f_w \leq 4 \quad (3)$$

ここで、 f_{asp} は、第1レンズ成分L11中の非球面負レンズの焦点距離である。また、 f_w は、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0037】条件式(3)は、第1レンズ成分L11中の非球面負レンズのパワー（屈折力）について適切な範囲を規定している。条件式(3)の上限値を上回るとは、第1レンズ成分L11中の非球面負レンズのパワーが小さくなることを意味し、この上限値を上回ると非球面による収差補正効果が減少するので好ましくない。また、より物体側に位置する負レンズのパワーが減少するため、前玉径が大型化するので好ましくない。なお、条件式(3)の上限値を3.5に設定すると、より良好な収差補正およびさらなる小型化を実現することができる。また、条件式(3)の上限値を3に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0038】一方、条件式(3)の下限値を下回るとは、第1レンズ成分L11中の非球面負レンズのパワーが

著しく大きくなることを意味し、この下限値を下回ると非球面レンズを製造することが困難になるので好ましくない。また、組み立て時の偏心許容量も厳しくなり、製品化することが困難になるため好ましくない。なお、条件式(3)の下限値を1.4に設定すると、製造組み立てがさらに容易なズームレンズを実現することができる。また、条件式(3)の下限値を1.5に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

$$0.8 \leq |f_1| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} \leq 1.5 \quad (4)$$

ここで、 f_1 は、第1レンズ群G1の焦点距離である。また、 f_w および f_t は、それぞれ広角端および望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0041】条件式(4)は、第1レンズ群G1のパワーについて適切な範囲を規定している。この条件式

(4)の値が1のときに広角端における全長と望遠端における全長とが等しくなり、変倍域(ズーム域)の丁度中央の焦点距離状態において第2レンズ群G2全体の結像倍率が-1(等倍)になる。条件式(4)の上限値を上回ると、広角端において全長が最大になり、第1レンズ群G1のパワーが弱くなるため、光学系が大型化し、フィルターサイズも大きくなるので好ましくない。なお、条件式(4)の上限値を1.4に設定すると、さらなる小径化のために有利である。また、条件式(4)の上限値を1.3に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0042】一方、条件式(4)の下限値を下回ると、望遠端において全長が最大になり、第1レンズ群G1のパワーが強くなるため、広角側では歪曲収差およびコマ収差の補正に、望遠側では球面収差およびコマ収差の補正に悪影響を及ぼすので好ましくない。なお、条件式(4)の下限値を0.85に設定すると、収差補正がより容易になる。また、条件式(4)の下限値を0.9に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0043】また、第1発明においては、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.1 \leq |f_1| / f_2 \leq 0.95 \quad (5)$$

ここで、 f_1 は、第1レンズ群G1の焦点距離である。また、 f_2 は、無限遠合焦状態における第2レンズ群G2の焦点距離である。

【0044】条件式(5)は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間で適切なパワーバランスを設定するための条件式である。前述したように、第1発明は、超広角ズームレンズに最適な解を提案するものである。負屈折力の第1レンズ群G1と正屈折力の第2レンズ群G2との適切なパワーバランスは、全体の良好な収差バランスと実用的な大きさを適切に設定する上で必要であり、この条件式(5)を満足することが望ましい。

【0045】条件式(5)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2に比べて第1レンズ群G1が弱いパワーで構

【0039】なお、第1発明において、非球面レンズとして、ガラス材料と樹脂材料との複合からなる、いわゆる複合型非球面レンズを用いる場合、非球面部分の樹脂が独立して光学系内に存在することのできない材料であるため、当然に樹脂材料部とガラス材料部との合成焦点距離を非球面レンズの焦点距離 f_{asp} とする。

【0040】また、第1発明においては、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

成されることになる。したがって、第1レンズ群G1が大型化し、フィルターの使用が困難になる程に前玉径が大型化するので好ましくない。また、後述するように、第2レンズ群G2を第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとに分割し、第2レンズ群前群G2Fを移動させて合焦を行なう場合、合焦時の移動に必要な第2レンズ群前群G2Fとの空気間隔を十分に確保することができなくなり、十分な近距離撮影倍率を得ることができなくなるので好ましくない。なお、条件式(5)の上限値を0.85に設定すると、実用的な大きさの解を得ることが可能である。また、条件式(5)の上限値を0.8、さらに好ましくは0.7に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0046】一方、条件式(5)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2に比べて第1レンズ群G1が強いパワーで構成されることになる。したがって、第1発明のような大画角を有するズームレンズの場合、特に広角側において画角の大きい斜光線に対する収差、特に歪曲収差および像面湾曲の補正が悪化するので好ましくない。また、合焦時の収差変動が悪化するので好ましくない。なお、条件式(5)の下限値を0.2に設定すると、より良好な収差補正を実現することができる。また、条件式(5)の下限値を0.3に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0047】また、第1発明においては、無限遠物点に対する性能向上のみならず、さらに無限遠合焦状態から近距離合焦状態に亘って諸収差の変動が少ない合焦方式を実現している。第1発明は、負正2群構成のズームレンズに適用することが最も効果的である。第1発明では、第2レンズ群G2が物体側から順に第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとを有し、この第2レンズ群前群G2Fだけを移動させて合焦を行なう。基本的に、ズームレンズ全系の口径を大きくし且つ球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正するためには、第2レンズ群前群G2Fが正の屈折力を有することが有利である。また、ペッツバル和を良好に設定するとともに、軸上色収差および球面収差の合焦による変動を極力軽減するためには、第2レンズ群前群G2Fが、互いに独立した正レンズと負レンズとを有するか、あるいは正レンズと負レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズを有することが望ましい。

【0048】また、第1発明においては、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$0 < |\beta_w \cdot M_t / \beta_t| < 1 \quad (6)$$

ここで、 β_w および β_t は、それぞれ広角端および望遠端での無限遠合焦状態における第2レンズ群前群G2Fの結像倍率である。また、 M_t は、望遠端での最近接撮影状態における撮影倍率である。

【0049】条件式(6)は、合焦レンズ群である第2レンズ群前群G2Fの広角端での結像倍率と望遠端での結像倍率との比について適切な範囲を規定している。第2レンズ群前群G2Fにおいて、結像倍率の絶対値が広角端と望遠端とで近く、変倍域の中央近傍で結像倍率が無限大を含むとき、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量(合焦移動量)の差が最小になり、一定の条件下のズームレンズにおいては被写界深度の範囲内に合焦点のズレがおさまリ、合焦点を補正するためのカムが不要になり、鏡筒構造が簡単になるので、コスト的にも有利になる。この条件式(6)は、さらに望遠端での最短撮影時の撮影倍率 M_t を考慮した形になっている。

【0050】条件式(6)の上限値を上回る場合として、広角端での第2レンズ群前群G2Fの結像倍率が著しく大きくなる場合と、最短撮影時の全系の撮影倍率が著しく大きい場合とが考えられる。まず、前者の場合では、例えば合焦レンズ群である第2レンズ群前群G2Fが正のパワーを有する場合、結像倍率は正の値をとり、軸上平行光線の第2レンズ群前群G2Fを射出する時の偏角が変倍域の全体に亘って発散するようになる。したがって、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量の差が著しく大きくなるので好ましくない。また、合焦時の収差変動も増加するので好ましくない。

【0051】一方、後者の場合、この合焦点方式では合焦移動量が大きくなり過ぎて、レンズ系全体が大型化するので好ましくない。また、第2レンズ群前群G2Fの結像倍率が上述の条件を満足していても、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量の差が大きくなるので好ましくない。なお、条件式(6)の上限値を0.8に設定すると、さらなる小径化のために有利である。また、条件式(6)の上限値を0.5に、さらに好ましくは0.3に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0052】また、第1発明においては、第2レンズ群後群G2Rが厚肉の正レンズと薄肉の負レンズとの貼り合わせからなる接合レンズ L_n を有し、以下の条件式

(7)を満足することが望ましい。

$$0.58 < d_p / f_w < 3 \quad (7)$$

ここで、 d_p は、厚肉の正レンズの中心厚である。また、 f_w は、上述したように、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0053】条件式(7)は、第2レンズ群後群G2R中の接合レンズ L_n を構成する厚肉の正レンズの中心厚(光軸に沿った厚さ)について適切な範囲を規定している。条件式(7)の上限値を上回ると、接合レンズ L_n を構成する厚肉の正レンズの中心厚が大きくなりすぎて、レンズ加工が困難になるので好ましくない。また、ズームレンズ全系が大型化し、さらには周辺光量の確保が難しくなるので好ましくない。なお、条件式(7)の上限値を2.5に設定すると、レンズ加工をより容易に行うことができる。また、条件式(7)の上限値を2に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0054】一方、条件式(7)の下限値を下回ると、接合レンズ L_n を構成する厚肉の正レンズの中心厚が小さくなりすぎて、特に上方コマ収差の補正、および望遠端での球面収差の補正が悪化するので好ましくない。なお、条件式(7)の下限値を1.05に設定すると、収差補正がより容易になる。また、条件式(7)の上限値を1.1に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0055】次に、第2発明の基本的な構造について説明する。第2発明は、基本的に負・正2群構成のズームレンズタイプにおいて超広角化、高変倍化および小型化を実現し、さらに無限遠合焦状態から近距離合焦状態に亘って諸収差の変動が少ない合焦方式を実現したことを最大の特徴としている。その意味からも、第2発明は、負正2群構成のズームレンズに適用することが最も効果的である。

【0056】第1レンズ群G1は、負・負・正の3つのレンズ成分 $L_{11} \sim L_{13}$ を有する。これは、超広角領域の画角($2\omega = 100^\circ$ 以上)を確保し、単純な構成でフィルターサイズを極力小型化し、歪曲収差や像面湾曲を良好に抑えるために必要な構成である。特に、第1レンズ群G1において最も物体側には負屈折力のレンズ成分の存在が必要である。

【0057】第2レンズ群G2は、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとを有し、第2レンズ群前群G2Fのみを移動させて合焦を行なう。基本的に、ズームレンズ全系の口径を大きくするとともに、球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正するためには、第2レンズ群前群G2Fは正の屈折力を有することが有利である。また、ベッツバル和を良好に設定するとともに、軸上色収差および球面収差の合焦時の変動を極力軽減するためには、第2レンズ群前群G2Fは互いに独立した正レンズと負レンズとを有するか、あるいは正レンズと負レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズを有することが望ましい。

【0058】また、第2レンズ群後群G2Rは、いわゆる全系におけるマスターレンズ群として作用するために、収差補正に最低限必要なレンズ構成が必要である。した

がって、第2レンズ群後群G2Rは、レンズ成分L R1と正の屈折力を有するレンズ成分L R2とを少なくとも有し、これらのレンズ成分L R1およびL R2により球面収差、上方コマ収差や歪曲収差等の諸収差を良好に補正し、合焦時の収差変動を効果的に抑制する。また、厚肉の正レンズと負レンズとの接合レンズでレンズ成分L R1を構成し、この厚肉の正レンズの作用により球面収差および歪曲収差の良好な補正を行うことが好ましい。また、レンズ成分L R1において厚肉の正レンズと負レンズとを接合する構成によって、ペッツバル和を更に良好に設定するとともに、軸上色収差および球面収差の更に良好な補正が可能である。

【0059】また、更に好ましくは、レンズ成分L R2が負レンズと正レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズを含む構成により、上方コマ収差および倍率色収差の補正を良好に行なうことが可能になる。また、第1レンズ群G 1中の負レンズ成分L 11またはL 12に非球面を導入すると、特に高画角部分の歪曲収差を良好に補正し、且つ前玉系を小型化するのに有利である。この場合、負レンズ成分L 11またはL 12の凹面側に非球面を導入すると、望遠側の球面収差および下方コマ収差の補正も可能になるので好ましい。また、第1レンズ群G 1が1枚の接合負レンズを含む構成により、ペッツバル和を良好に設定するとともに、倍率色収差の補正を良好に行なうことが可能になるので好ましい。

【0060】以下、第2発明の条件式について説明する。第2発明においては、以下の条件式(8)を満足する。

$$2. \quad 8 \leq f_{2F} / f_w \leq 8 \quad (8)$$

ここで、 f_{2F} は、第2レンズ群前群G2Fの焦点距離である。また、 f_w は、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0061】条件式(8)は、第2レンズ群前群G2Fの焦点距離について適切な範囲を規定している。第2レンズ群前群G2Fは全系のうちで合焦に際して移動する唯一のレンズ群であり、第2発明のように超広角領域までカバーするような大画角を有するズームレンズの場合、この合焦レンズ群の焦点距離(またはパワー)は合焦時の収差変動等を決定する重要なファクターとなる。

【0062】条件式(8)の上限値を上回るとは、第2レンズ群前群G2Fの焦点距離が大きくなり、合焦レンズ群のパワーが小さくなることを意味し、この上限値を上回ると合焦移動量も増え、第2レンズ群後群2Rとの間隔および第1レンズ群G 1との間隔の確保が難しくなってしまう。また、第1レンズ群G 1のパワーが比較強く不変の場合、第2レンズ群前群G2Fの焦点距離が大きくなると、第2レンズ群前群G2Fが正レンズ群の場合にはその結像倍率は正の値となり、広角側で大きく且つ望遠側で小さくなる。このため、軸上平行光線の第2レンズ群前群G2Fを射出する時の偏角が変倍域の全体に亘つ

て発散するようになり、特に望遠側で大きく発散するようになる。したがって、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量(合焦移動量)の差が著しく大きくなってしまふ。また、合焦時の収差変動も増加し、特に近距離合焦時に像面湾曲が正の方向に著しく変化するようになってしまふ。なお、条件式(8)の上限値を7に設定すると、より良い収差補正およびより適切な合焦移動量を設定することができる。また、条件式(8)の上限値を6.5に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0063】一方、条件式(8)の下限値を下回るとは、第2レンズ群前群G2Fの焦点距離が小さくなり、合焦レンズ群のパワーが大きくなることを意味する。したがって、第1レンズ群G 1のパワーが比較強く不変の場合、第2レンズ群前群G2Fの焦点距離が小さくなると、第2レンズ群前群G2Fが正レンズ群の場合にはその結像倍率が負の値となり、広角側で大きく且つ望遠側で小さくなる。このため、軸上平行光線の第2レンズ群前群G2Fを射出する時の偏角が変倍域の全体に亘って収斂するようになり、特に広角側で大きく収斂するようになる。したがって、条件式(8)の下限値を下回ると、条件式(8)の上限値を上回る場合と同様に、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量の差が著しく大きくなってしまふ。また、合焦時の収差変動も増加し、特に近距離合焦時に像面湾曲が負の方向に著しく変化し、更に望遠側の球面収差も正の方向に悪化するようになってしまふ。なお、条件式(8)の下限値を3.05に設定すると、より良い収差補正およびより適切な合焦移動量を設定することができる。また、条件式(8)の下限値を3.26に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0064】また、第2発明においては、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$0. \quad 1 \leq |f_1| / f_2 \leq 0. \quad 95 \quad (9)$$

ここで、 f_1 は、第1レンズ群G 1の焦点距離である。また、 f_2 は、無限遠合焦状態における第2レンズ群G 2の焦点距離である。

【0065】条件式(9)は、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との適切なパワーバランスを設定するための条件式である。前述したとおり、第2発明は超広角ズームレンズに最適な解を提案するものであり、負屈折力の第1レンズ群G 1と正屈折力の第2レンズ群G 2との適切なパワーバランスは、全体の良好な収差バランスと実用的な大きさを適切に設定する上で必要であり、この条件式(9)を満足することが望ましい。

【0066】条件式(9)の上限値を上回ると、第2レンズ群G 2に比べて第1レンズ群G 1が弱いパワーで構成されることになる。その結果、第1レンズ群G 1は大

型化し、フィルターの使用が困難になる程に前玉径が大型化するのでは好ましくない。また、合焦時の移動に必要な第2レンズ群前群G2Fとの空気間隔を十分に確保することができなくなり、十分な近距離撮影倍率を得ることができなくなるので好ましくない。なお、条件式(9)の上限値を0.85に設定すると、より実用的な大きさの解を得ることが可能である。また、条件式(9)の上限値を0.8に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0067】一方、条件式(9)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2に比べて第1レンズ群G1が強いパワ

$$-0.5 \leq (r_c + r_b) / (r_c - r_b) \leq 1 \quad (10)$$

ここで、 r_b は第3レンズ成分L13の物体側の面の曲率半径であり、 r_c は第3レンズ成分L13の像側の面の曲率半径である。

【0069】条件式(10)は、第1レンズ群G1中の正レンズ成分である第3レンズ成分L13の形状因子(q ファクター)について適切な範囲を規定している。条件式(10)の上限値を上回るとは、第3レンズ成分L13の形状が物体側に強い曲率の凸面を向けた正メニスカスレンズ形状になることを意味している。第1レンズ群G1を繰り出して合焦を行う従来の合焦方式では、近距離変動、特に下方コマ収差および像面湾曲の変動を抑えるのに、上述のレンズ形状は効果があった。しかしながら、第2発明のように合焦に際して第1レンズ群G1が移動しないズームレンズの場合、これらの収差変動を抑制するのに有利なレンズ形状ではなく、むしろ広角側の下方コマ収差および像面湾曲と望遠側の球面収差とを良好に補正するとともにより大きな口径を達成することのできるレンズ形状にすることが可能になった。

【0070】条件式(10)の上限値を上回ると、広角側の下方コマ収差および像面湾曲と望遠側の球面収差とを良好に補正し、より大きな口径を達成することができなくなるので好ましくない。また、第3レンズ成分L13の周辺部分と第2レンズ群前群2Fとが合焦時に機械的に干渉してしまい、結果的に十分な近距離撮影倍率を得ることができなくなるので好ましくない。なお、条件式(10)の上限値を0.9に設定すると、より良好な収差補正を実現することができる。また、条件式(10)の上限値を0.85に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0071】一方、条件式(10)の下限値を下回るとは、第3レンズ成分L13の形状が像側により強い曲率の凸面を向けた両凸レンズ形状になることを意味している。このレンズ形状では第3レンズ成分L13の像側の面における光線の屈折角が著しく強くなるため、高次収差の発生量が増大し、特に広角側の下方コマ収差および像面湾曲と望遠側の球面収差および下方コマ収差等が悪化するのでは好ましくない。なお、条件式(10)の下限値を-0.3に設定すると、より良好な収差補正を実現す

て構成されることになる。その結果、第2発明のような大画角を有するズームレンズの場合、特に広角側の画角の大きい斜光線に対する収差、特に歪曲収差および像面湾曲の補正が困難になるので好ましくない。また、合焦時の収差変動が悪化するのでは好ましくない。なお、条件式(9)の下限値を0.2に設定すると、より良好な収差補正を実現することができる。また、条件式(9)の下限値を0.3に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0068】また、第2発明においては、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

ることができる。また、条件式(10)の下限値を0に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0072】また、第2発明においては、以下の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$0 < |\beta_w \cdot M_t / \beta_t| < 1 \quad (11)$$

ここで、 β_w および β_t は、それぞれ広角端および望遠端での無限遠合焦状態における第2レンズ群前群G2Fの結像倍率である。また、 M_t は、望遠端での最近接撮影状態における撮影倍率である。

【0073】条件式(11)は、合焦レンズ群である第2レンズ群前群G2Fの広角端での結像倍率と望遠端での結像倍率との比について適切な範囲を規定している。条件式(8)の説明でも言及したが、結像倍率の絶対値が広角端と望遠端とで近く、変倍域の中央近傍で結像倍率が無限大を含むとき、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量(合焦移動量)の差が最小になり、一定の条件下のズームレンズにおいては被写界深度の範囲内に合焦点のズレがおさまり、合焦点を補正するためのカムが不要になり、鏡筒構造が簡単になるので、コスト的にも有利になる。この条件式(11)は、さらに望遠端での最短撮影時の撮影倍率 M_t を考慮した形になっている。

【0074】条件式(11)の上限値を上回る場合として、広角端での第2レンズ群前群G2Fの結像倍率が著しく大きくなる場合と、最短撮影時の全系の撮影倍率が著しく大きい場合とが考えられる。まず、前者の場合では、例えば合焦レンズ群である第2レンズ群前群G2Fが正のパワーを有する場合、結像倍率は正の値をとり、軸上平行光線の第2レンズ群前群G2Fを射出する時の偏角が変倍域の全体に亘って発散するようになる。したがって、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量の差が著しく大きくなるので好ましくない。また、合焦時の収差変動も増加するので好ましくない。

【0075】一方、後者の場合、この合焦点方式では合焦移動量が大きくなり過ぎて、レンズ系全体が大型化するので好ましくない。また、第2レンズ群前群G2Fの結

像倍率が上述の条件を満足していても、各焦点距離状態における同一被写体距離に対する第2レンズ群前群G2Fの繰り出し量の差が大きくなるので好ましくない。なお、条件式(11)の上限値を0.9に設定すると、さらなる小径化のために有利である。また、条件式(11)の上限値を0.8に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0076】また、第2発明においては、以下の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$0.8 < r_a / r_b < 3 \quad (12)$$

ここで、 r_a は、第2レンズ成分L12の像側の面の曲率半径である。また、 r_b は、上述したように、第3レンズ成分L13の物体側の面の曲率半径である。

【0077】条件式(12)は、第1レンズ群G1中の第2レンズ成分L12と第3レンズ成分L13との間に形成される空気レンズの形状に関する条件式である。この条件式(12)の値が正の値をとることは、空気レンズの物体側の面(すなわち第2レンズ成分L12の像側の面)および像側の面(すなわち第3レンズ成分L13の物体側の面)がともに物体側に凸面を向けていることを意味する。条件式(12)の上限値を上回ると、第3レンズ成分L13の物体側の面の曲率半径に比べて第2レンズ成分L12の像側の面の曲率半径が著しく大きくなるため、その間に形成される空気レンズの形状が負レンズ形状になる。その結果、この空気レンズによる諸収差の補正効果が減少し、また前玉径を小さくする効果も薄れるので好ましくない。なお、条件式(12)の上限値を2.5に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0078】一方、条件式(12)の下限値を下回ると、第3レンズ成分L13の物体側の面の曲率半径に比べて第2レンズ成分L12の像側の面の曲率半径が著しく小さくなるため、その間に形成される空気レンズの形状が正レンズ形状になる。したがって空気レンズとしては負のパワーを有するものと表現することができ、また前玉径を小さくする効果を持つ反面、著しい正メニスカス形状は高次の収差を発生させる原因となるので好ましくない。第2発明の場合、空気レンズの形状が若干負レンズ形状になることが望ましい。なお、条件式(12)の下限値を0.9に、さらに好ましくは1に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0079】また、第2発明においては、第2レンズ群後群G2R中のレンズ成分LR1は、厚肉の正レンズと、該厚肉の正レンズよりも薄肉の負レンズとから構成され、以下の条件式(13)を満足することが望ましい。

$$0.58 < d_p / f_w < 3 \quad (13)$$

ここで、 d_p は、厚肉の正レンズの中心厚である。また、 f_w は、上述したように、広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0080】条件式(13)は、第2レンズ群後群G2R中

のレンズ成分LR1を構成する厚肉の正レンズの中心厚(光軸に沿った厚さ)について適切な範囲を規定している。条件式(13)の上限値を上回ると、レンズ成分LR1を構成する厚肉の正レンズの中心厚が大きくなりすぎて、レンズ加工が困難になるので好ましくない。また、ズームレンズ全系が大型化し、さらには周辺光量の確保が難しくなるので好ましくない。なお、条件式(13)の上限値を2.5に設定すると、レンズ加工をより容易に行うことができる。また、条件式(13)の上限値を2に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0081】一方、条件式(13)の下限値を下回ると、レンズ成分LR1を構成する厚肉の正レンズの中心厚が小さくなりすぎて、特に上方コマ収差の補正、広角端の歪曲収差、および望遠端の球面収差の補正が悪化するので好ましくない。なお、条件式(13)の下限値を0.65に設定すると、収差補正がより容易になる。また、条件式(13)の下限値を0.75に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0082】また、本発明(第1発明および第2発明)のように第2レンズ群G2内の物体側のレンズ成分(前群G2F)により合焦を行う負先行型のズームレンズの場合、第2レンズ群前群G2Fの物体側かあるいは像側に開口絞りを設置することが望ましい。この場合、合焦時に開口絞りを第2レンズ群前群G2Fと一体的に移動させると、近距離物点合焦時の主光線切れを軽減することができる。また、開口絞りを第2レンズ群後群G2Rとリンクさせ、合焦時に第2レンズ群前群G2Fのみを移動させると、鏡筒設計上有利になる。本発明の場合、合焦時に開口絞りを第2レンズ群前群G2Fと一体的に移動させてもよいし、合焦時に開口絞りを移動させることなく第2レンズ群前群G2Fのみを移動させてもよい。

【0083】また、本発明においては、第1レンズ成分L11または第2レンズ成分L12には負レンズと正レンズとの貼り合わせからなる少なくとも1つの接合負レンズが含まれ、この接合負レンズ中において負レンズの屈折率が正レンズの屈折率よりも大きく、且つ負レンズのアップ数が正レンズのアップ数よりも小さいことが好ましい。この構成により、ベッツバル和のコントロールが有利となり、さらなる広角化および高性能化が可能になる。

【0084】

【実施例】以下、本発明の各実施例を、添付図面に基いて説明する。まず、第1発明の各実施例にかかる超広角ズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。そして、第1レンズ群G1は、物体側から順に、1枚の非球面レンズを含み全体として負の屈折力を有する第1レンズ成分L11と、負の屈折力を有する第2レンズ成分L12と、正の屈折力を有

する第3レンズ成分L13とから構成されている。一方、第2レンズ群G2は、物体側から順に、第2レンズ群前群G2Fと、第2レンズ群後群G2Rとから構成されている。なお、第2レンズ群後群G2Rは、厚肉の正レンズと負レンズとの貼り合わせからなる接合レンズLnを含んでいる。

【0085】第1発明の各実施例において、非球面は、

$$S(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2/R^2)^{1/2}\} \\ + C_3 \cdot |y|^3 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 \\ + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} + C_{16} \cdot y^{16} \quad (a)$$

なお、非球面式(a)が2次の非球面係数C2を含んでいないため、第1発明の各実施例において非球面の頂点曲率半径と近軸曲率半径とは一致している。以下、各実施例において、非球面には面番号の右側に*印を付している。

【0086】〔第1実施例〕図1は、第1発明の第1実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図1の超広角ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側から順に、物体側に凸面を向け且つ像側の面が非球面状に形成されたガラス材料と樹脂材料との複合からなる複合型負メニスカス非球面レンズ、および物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0087】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2Rは、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズLn、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および両凸レンズから構成

光軸に垂直な方向の高さをyとし、高さyにおける非球面の頂点の接平面から非球面までの光軸に沿った距離(サグ量)をS(y)とし、基準の曲率半径(頂点曲率半径)をRとし、円錐係数をκとし、n次の非球面係数をCnとしたとき、以下の数式(a)で表される。

【数5】

されている。

【0088】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図1は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

【0089】次の表(1)に、第1実施例の諸元の値を掲げる。表(1)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、2ωは画角を、βは撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、dは各レンズ面間隔を、rは曲率半径(非球面の場合は近軸曲率半径)を、nはd線(λ=587.6nm)に対する屈折率を、νはアッペ数をそれぞれ示している。なお、表中の*印は非球面であることを意味する。

【0090】

【表1】

f = 17.5 ~ 34 mm				
FNO = 3.6				
2ω = 104.7° ~ 65.5°				
面番号	r	d	ν	n
1	52.1292	2.0000	45.37	1.796681
2	23.0000	0.1000	56.34	1.495210
3*	16.3744	7.8000		
4	53.7499	1.8000	43.35	1.840421
5	19.9462	7.6000		
6	612.7631	7.8000	48.97	1.531721
7	-28.2710	2.0000	43.35	1.840421
8	108.4625	0.1000		
9	50.0061	6.2000	28.19	1.740000
10	-60.8299	(d10=可変)		

11	34.9315	1.3000	45.37	1.796681
12	22.7584	5.5000	64.10	1.516800
13	-144.7558	(d13=可変)		
14	∞	0.8000	(開口絞り S)	
15	29.3537	22.0000	58.90	1.518230
16	-23.6335	1.3000	37.35	1.834000
17	63.0089	1.0000		
18	357.4853	1.3000	40.90	1.796310
19	22.2076	6.0000	70.41	1.487490
20	-26.1638	0.1000		
21	87.6581	5.0000	70.41	1.487490
22	-64.8462	(d22=可変)		
23	∞	38.84505	(固定絞り S F)	
(非球面データ)				

	κ	C_3	C_4
3 面	0.0973	-0.10721×10^{-4}	4.16260×10^{-6}
	C_6	C_8	C_{10}
	-2.05780×10^{-8}	2.90830×10^{-12}	8.55130×10^{-15}
	C_{12}	C_{14}	C_{16}
	-0.17926×10^{-15}	0.14299×10^{-18}	0.20722×10^{-21}

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	17.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞
d10	32.39654	14.76205	0.79807
d13	3.76238	3.76238	3.76238
d22	0.11761	10.27740	25.90786

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.05990	-0.09259	-0.13128
D0	261.4690	231.5463	233.3583
d10	35.23654	17.60205	3.63807
d13	0.92238	0.92238	0.92238
d22	0.11761	10.27740	25.90786

(条件式対応値)

- (1) $C_3 = -0.10721 \times 10^{-4}$
- (2) $\kappa = 0.0973$
- (3) $|f_{asp}| / f_w = 2.091$
- (4) $|f_1| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 1.107$
- (5) $|f_1| / f_2 = 0.6398$
- (6) $|\beta_w \cdot M_t / \beta_t| = 0.04636$
- (7) $d_p / f_w = 1.257$

【0091】図2～図5は、第1実施例の諸収差図である。すなわち、図2は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図3は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図4は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図5は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、Nは開口数を、Yは像高を、dはd線($\lambda = 587.6$

nm)を、gはg線($\lambda = 435.8$ nm)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0092】図2の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図3の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわか

る。一方、図4の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図5の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0093】〔第2実施例〕図6は、第1発明の第2実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図6の超広角ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側から順に、物体側に凸面を向け且つ像側の面が非球面状に形成されたガラス材料と樹脂材料との複合からなる複合型負メニスカス非球面レンズ、および物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0094】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2Rは、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズLn、物体側に凸

面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。

【0095】なお、第2レンズ群前群G2Fの直ぐ物体側には開口絞りSが配置され、この開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動する。図6は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSと第2レンズ群前群G2Fとが一体的に像側へ移動する。

【0096】次の表(2)に、第2実施例の諸元の値を掲げる。表(2)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 2ω は画角を、Bfはバックフォーカスを、 β は撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、dは各レンズ面間隔を、rは曲率半径(非球面の場合は近軸曲率半径)を、nはd線($\lambda=587.6\text{nm}$)に対する屈折率を、 ν はアッベ数をそれぞれ示している。なお、表中の*印は非球面であることを意味する。

【0097】

【表2】

$f = 16.5 \sim 34\text{mm}$				
FNO = 4.1				
$2\omega = 107.8^\circ \sim 65.4^\circ$				
面番号	r	d	ν	n
1	49.6189	2.0000	43.35	1.840421
2	29.0000	0.7000	56.34	1.495210
3*	18.2268	6.0000		
4	49.7685	1.8000	43.35	1.840421
5	18.4687	10.0000		
6	219.8574	8.5000	45.87	1.548139
7	-23.7094	2.0000	43.35	1.840421
8	48.2556	0.5000		
9	40.7751	5.6000	28.56	1.795040
10	-65.3221	(d10=可変)		
11	∞	0.8000	(開口絞りS)	
12	30.3578	1.3000	45.37	1.796681
13	19.0869	4.5000	60.23	1.518350
14	-228.3171	(d14=可変)		
15	31.7994	22.0000	58.90	1.518230
16	-25.8948	1.3000	37.35	1.834000
17	43.1480	1.8000		
18	185.7849	1.3000	40.90	1.796310
19	30.5184	6.6000	70.41	1.487490

20	-25.2224	0.1000		
21	47.7938	1.5000	55.60	1.696800
22	39.5066	5.0000	70.41	1.487490
23	-140.7105	(Bf)		

(非球面データ)

	κ	C_3	C_4
3面	0.0491	-0.48297×10^{-4}	1.47710×10^{-8}
	C_6	C_8	C_{10}
	-3.22780×10^{-8}	9.50150×10^{-12}	2.94290×10^{-14}
	C_{12}	C_{14}	C_{16}
	-0.13323×10^{-16}	0.34340×10^{-18}	-0.26904×10^{-21}

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	16.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞
d10	36.03441	15.21221	1.73902
d14	6.13238	6.13238	6.13238
Bf	40.03787	53.23081	70.82141

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.06683	-0.10895	-0.15095
D0	211.1659	187.4673	194.1299
d10	38.87441	18.05221	4.57902
d14	3.29238	3.29238	3.29238
Bf	40.06219	53.29566	70.94586

(条件式対応値)

- (1) $C_3 = -0.48297 \times 10^{-4}$
- (2) $\kappa = 0.0491$
- (3) $|f_{asp}| / f_w = 2.841$
- (4) $|f_1| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 1.056$
- (5) $|f_1| / f_2 = 0.5685$
- (6) $|\beta_w \cdot M_t / \beta_t| = 0.08408$
- (7) $d_p / f_w = 1.333$

【0098】図7～図10は、第2実施例の諸収差図である。すなわち、図7は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図8は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図9は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図10は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)を、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0099】図7の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図8の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図9の収差図を参照すると、広角端におい

て、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図10の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第2実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0100】〔第3実施例〕図11は、第1発明の第3実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図11の超広角ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側から順に、物体側に凸面を向け且つ像側の面が非球面状に形成されたガラス材料と樹脂材料との複合からなる複合型負メニスカス非球面レンズ、および物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凸レンズと両

凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0101】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2Rは、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズLn、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および両凸レンズから構成されている。

【0102】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図11は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に

際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

【0103】次の表(3)に、第3実施例の諸元の値を掲げる。表(3)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 2ω は面角を、 β は撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、dは各レンズ面間隔を、rは曲率半径(非球面の場合は近軸曲率半径)を、nはd線($\lambda=587.6\text{nm}$)に対する屈折率を、 ν はアッペ数をそれぞれ示している。なお、表中の*印は非球面であることを意味する。

【0104】

【表3】

f = 16. 5 ~ 34 mm				
FNO= 4. 2 ~ 4. 35				
2 ω = 107. 8° ~ 65. 3°				
面番号	r	d	ν	n
1	64.3591	2.0000	43.35	1.840421
2	30.0000	0.7000	56.34	1.495210
3*	17.6777	7.5000		
4	49.7685	1.8000	43.35	1.840421
5	18.4687	9.0000		
6	186.8243	8.5000	45.87	1.548139
7	-24.2755	2.0000	43.35	1.840421
8	59.3358	0.1403		
9	43.3205	6.6000	28.56	1.795040
10	-62.9967	(d10=可変)		
11	32.0567	1.3000	45.37	1.796681
12	21.5583	4.5000	60.23	1.518350
13	-256.6223	(d13=可変)		
14	∞	0.8000	(開口絞り S)	
15	29.7054	22.0000	58.90	1.518230
16	-19.1979	1.3000	37.35	1.834000
17	56.5490	1.0000		
18	122.0340	1.3000	40.90	1.796310
19	23.9641	6.5000	70.41	1.487490
20	-23.3292	0.1000		
21	204.1315	3.0000	70.41	1.487490
22	-63.5196	(d22=可変)		
23	∞	41.53110	(固定絞り S F)	
(非球面データ)				
	κ	C ₃	C ₄	
3面	-0.0495	-0.10797×10 ⁻⁴	-2.23840×10 ⁻⁶	
	C ₅	C ₆	C ₁₀	

$$\begin{array}{ccc}
 -3.04900 \times 10^{-8} & 1.49380 \times 10^{-11} & 2.79930 \times 10^{-14} \\
 C_{12} & C_{14} & C_{16} \\
 -0.15170 \times 10^{-15} & 0.37678 \times 10^{-18} & -0.29797 \times 10^{-21}
 \end{array}$$

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	16.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞
d10	33.71230	13.73018	0.80057
d13	3.20291	3.20291	3.20291
d22	-0.38609	12.27458	29.15547

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.06672	-0.10882	-0.15190
D0	217.9942	194.0646	198.9631
d10	36.55230	16.57018	3.64057
d13	0.36291	0.36291	0.36291
d22	-0.38609	12.27458	29.15547

(条件式対応値)

- (1) $C_s = -0.10797 \times 10^{-4}$
- (2) $\kappa = -0.0495$
- (3) $|f_{asp}| / f_w = 2.342$
- (4) $|f_1| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 1.056$
- (5) $|f_1| / f_2 = 0.5924$
- (6) $|\beta_w \cdot M_t / \beta_t| = 0.07345$
- (7) $d_p / f_w = 1.333$

【0105】図12～図15は、第3実施例の諸収差図である。すなわち、図12は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図13は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図14は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図15は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FN0はFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)を、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0106】図12の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図13の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図14の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図15の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第3実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0107】〔第4実施例〕図16は、第1発明の第4

実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図16の超広角ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側に凸面を向け且つ像側の面が非球面状に形成されたガラス材料と樹脂材料との複合からなる複合型負メニスカス非球面レンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズ、および物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズから構成されている。

【0108】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2Rは、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズLn、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および両凸レンズから構成されている。

【0109】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体

的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図16は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

【0110】次の表(4)に、第4実施例の諸元の値を掲げる。表(4)において、fは焦点距離を、FNOはF

$$f = 17.5 \sim 34 \text{ mm}$$

$$\text{FNO} = 4.1$$

$$2\omega = 104.3^\circ \sim 64.7^\circ$$

面番号	r	d	ν	n
1	49.4924	2.0000	43.35	1.840421
2	19.0000	0.1000	56.34	1.495210
3*	13.1824	15.0000		
4	-64.1665	2.0000	45.37	1.796681
5	29.3127	8.5000	82.52	1.497820
6	-102.0150	0.1000		
7	66.5293	2.0000	55.60	1.696800
8	29.3963	1.0000		
9	31.1793	5.0000	25.50	1.804581
10	1140.6187	(d10=可変)		
11	36.7901	1.3000	45.37	1.796681
12	22.2707	4.8000	60.23	1.518350
13	-104.5971	(d13=可変)		

14	∞	0.8000	(開口絞りS)	
15	29.7900	20.0000	64.10	1.516800
16	-25.3222	1.3000	37.35	1.834000
17	66.4292	1.8000		
18	-638.1440	1.3000	37.35	1.834000
19	25.8765	5.0000	70.41	1.487490
20	-24.3391	0.1000		
21	166.7875	3.2000	58.90	1.518230
22	-50.0532	(d22=可変)		
23	∞	42.37782	(固定絞りSF)	

(非球面データ)

	κ	C_3	C_4
3面	0.0139	-0.30953×10^{-4}	1.38140×10^{-5}
	C_6	C_8	C_{10}
	-5.04910×10^{-9}	-1.21950×10^{-11}	-5.05670×10^{-14}
	C_{12}	C_{14}	C_{16}
	-0.16144×10^{-15}	0.18728×10^{-17}	-0.52111×10^{-20}

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	17.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞

ナンバーを、 2ω は画角を、 β は撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、dは各レンズ面間隔を、rは曲率半径(非球面の場合は近軸曲率半径)を、nはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する屈折率を、 ν はアッベ数をそれぞれ示している。表中の*印は非球面であることを意味する。

【0111】

【表4】

d10	32.24557	14.61107	0.64709
d13	4.28854	4.28854	4.28854
d22	0.00000	10.15979	25.79025

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.06426	-0.09941	-0.14104
D0	242.2795	214.3848	216.0706
d10	35.29557	17.66107	3.69709
d13	1.23854	1.23854	1.23854
d22	0.00000	10.15979	25.79025

(条件式対応値)

- (1) $C_s = -0.30953 \times 10^{-4}$
 (2) $\kappa = 0.0139$
 (3) $|f_{asp}| / f_w = 1.515$
 (4) $|f_1| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 1.107$
 (5) $|f_1| / f_2 = 0.6398$
 (6) $|\beta_w \cdot M_t / \beta_t| = 0.04980$
 (7) $d_p / f_w = 1.143$

【0112】図17～図20は、第4実施例の諸収差図である。すなわち、図17は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図18は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図19は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図20は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)を、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0113】図17の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図18の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図19の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図20の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第4実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0114】〔第5実施例〕図21は、第1発明の第5実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図21の超広角ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側から順に、物体側に凸面を向け且つ像側の面が非球面状に形成されたガラス材料と樹脂材料との複合からなる複合型負メニスカス非球

面レンズ、および物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0115】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2Rは、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズLn、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および両凸レンズから構成されている。

【0116】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図21は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

【0117】次の表(5)に、第5実施例の諸元の値を掲げる。表(5)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 2ω は画角を、 β は撮影倍率を、D0は物

点距離（最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離）をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、 d は各レンズ面間隔を、 r は曲率半径（非球面の場合は近軸曲率半径）を、 n は d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) に対

する屈折率を、 ν はアッペ数をそれぞれ示している。表中の*印は非球面であることを意味する。

【0118】

【表5】

$f = 17.5 \sim 34 \text{ mm}$				
FNO = 4.1				
$2\omega = 104.3^\circ \sim 65.3^\circ$				
面番号	r	d	ν	n
1	58.6004	2.0000	45.37	1.796681
2	24.0000	0.5000	56.34	1.495210
3*	17.0900	7.5000		
4	53.7499	1.8000	43.35	1.840421
5	19.9462	8.0000		
6	183.3053	8.5000	45.87	1.548139
7	-26.7490	2.0000	43.35	1.840421
8	76.6578	0.1000		
9	47.6972	6.5000	28.56	1.795040
10	-68.0225	(d_{10} =可変)		
11	32.3394	1.3000	45.37	1.796681
12	20.6276	4.5000	60.23	1.518350
13	-181.9377	(d_{13} =可変)		
14	∞	0.8000	(開口絞り S)	
15	30.1722	22.0000	58.90	1.518230
16	-22.3432	1.3000	37.35	1.834000
17	60.9862	0.6500		
18	404.8091	1.3000	40.90	1.796310
19	23.5377	6.5000	70.41	1.487490
20	-23.0581	0.1000		
21	99.2771	3.0000	70.41	1.487490
22	-75.8640	(d_{22} =可変)		
23	∞	40.99343	(固定絞り SF)	
(非球面データ)				
	κ	C_3	C_4	
3面	0.0284	-0.89864×10^{-5}	9.88100×10^{-7}	
	C_6	C_8	C_{10}	
	-2.94210×10^{-8}	1.65270×10^{-11}	1.59070×10^{-14}	
	C_{12}	C_{14}	C_{16}	
	-0.19552×10^{-15}	0.44553×10^{-18}	-0.32044×10^{-21}	

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	17.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞
d_{10}	32.41649	14.78200	0.81802
d_{13}	3.66918	3.66918	3.66918
d_{22}	0.00000	10.15979	25.79025

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.05990	-0.09259	-0.13128

D0	261.2193	231.2966	233.1086
d10	35.25649	17.62200	3.65802
d13	0.82918	0.82918	0.82918
d22	0.00000	10.15979	25.79025

(条件式対応値)

- (1) $C_s = -0.89864 \times 10^{-5}$
- (2) $\kappa = 0.0284$
- (3) $|f_{asp}| / f_w = 2.093$
- (4) $|f_1| / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 1.107$
- (5) $|f_1| / f_2 = 0.6398$
- (6) $|\beta_w \cdot M_t / \beta_t| = 0.04636$
- (7) $d_p / f_w = 1.257$

【0119】図22～図25は、第5実施例の諸収差図である。すなわち、図22は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図23は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図24は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図25は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) を、gはg線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0120】図22の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図23の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図24の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図25の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第5実施例では、各焦点距離状態およ

$$S(y) = (y^2 / R) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2 / R^2)^{1/2}\} \\ + C_2 \cdot y^2 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} \\ + C_{12} \cdot y^{12} + C_{14} \cdot y^{14} + C_{16} \cdot y^{16} + C_{18} \cdot y^{18} \quad (f)$$

なお、第2発明の各実施例において2次の非球面係数 C_2 は0であるため、非球面の頂点曲率半径と近軸曲率半径とは一致している。以下、各実施例において、非球面には面番号の右側に*印を付している。

【0123】〔第6実施例〕図26は、第2発明の第6実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図26の内焦式ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側に凸面を向け像側の面が非球面状に形成された負メニスカス非球面レンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの貼り合わせからなる

び各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0121】次に、第2発明の各実施例にかかる内焦式ズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。そして、第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ成分L11と、負の屈折力を有する第2レンズ成分L12と、正の屈折力を有する第3レンズ成分L13とから構成されている。一方、第2レンズ群G2は、物体側から順に、第2レンズ群前群G2Fと、第2レンズ群後群G2Rとから構成されている。なお、第2レンズ群後群G2Rは、物体側から順に、レンズ成分LR1と、正の屈折力を有するレンズ成分LR2とから構成されている。

【0122】第2発明の各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、高さ y における非球面の頂点の接平面から非球面までの光軸に沿った距離(サグ量)を $S(y)$ とし、基準の曲率半径(頂点曲率半径)を R とし、円錐係数を κ とし、 n 次の非球面係数を C_n としたとき、以下の数式(f)で表される。

【数6】

接合負レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0124】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分LR1は、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。また、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分LR2は、物体側から順に、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および両凸レンズから構成されている。

【0125】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図26は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

$$f = 17.5 \sim 34 \text{ mm}$$

$$\text{FNO} = 4.1$$

$$2\omega = 104.5^\circ \sim 64.9^\circ$$

面番号	r	d	ν	n
1	48.5189	3.5000	40.90	1.796310
2*	14.7970	14.0000		
3	-103.2099	2.0000	49.45	1.772789
4	23.6655	6.9000	82.52	1.497820
5	56.4962	3.8000		
6	46.8694	5.0000	25.48	1.730378
7	-187.1566	(d7= 可変)		
8	67.1852	1.5000	45.37	1.796681
9	34.7148	4.0000	58.90	1.518230
10	-83.4611	(d10=可変)		
11	∞	1.0000	(開口絞りS)	
12	29.7664	26.7527	58.90	1.518230
13	-21.4891	1.3000	37.35	1.834000
14	385.1452	2.2000		
15	-188.5713	1.3000	37.35	1.834000
16	26.9405	5.0000	70.41	1.487490
17	-25.3197	0.1000		
18	131.2987	3.0000	64.10	1.516800
19	-53.0910	(d19=可変)		
20	∞	43.75909	(固定絞りSF)	

(非球面データ)

	κ	C_2	C_4
2面	-0.3952	0.00000	3.10530×10^{-5}
	C_6	C_8	C_{10}
	2.33870×10^{-8}	3.75930×10^{-11}	-2.78560×10^{-13}
	C_{12}	C_{14}	C_{16}
	0.11063×10^{-15}	0.66748×10^{-17}	-0.14271×10^{-19}
	C_{18}		
	-0.11584×10^{-24}		

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	17.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞

【0126】次の表(6)に、第6実施例の諸元の値を掲げる。表(6)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 2ω は画角を、 β は撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、dは各レンズ面間隔を、rは曲率半径(非球面の場合は近軸曲率半径)を、nはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する屈折率を、 ν はアッペ数をそれぞれ示している。表中の*印は非球面であることを意味する。

【0127】

【表6】

d7	31.74827	14.27276	0.43467
d10	3.30535	3.30535	3.30535
d19	-0.26459	10.59298	27.29694

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.06831	-0.08860	-0.11404
D0	229.6064	245.5819	274.1155
d7	34.39827	16.92276	3.08467
d10	0.65535	0.65535	0.65535
d19	-0.26459	10.59298	27.29694

(条件式対応値)

(8) $f2F/fw = 5.714$

(9) $|f1|/f2 = 0.599$

(10) $(rc+rb)/(rc-rb) = 0.599$

(11) $|\beta w \cdot Mt/\beta t| = 0.558$

(12) $ra/rb = 1.205$

(13) $dp/fw = 1.529$

【0128】図27～図30は、第6実施例の諸収差図である。すなわち、図27は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図28は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図29は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図30は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) を、gはg線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0129】図27の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図28の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図29の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図30の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第6実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0130】〔第7実施例〕図31は、第2発明の第7実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図31の内焦式ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側に凸面を向け像側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの貼り合わせからなる接合負

レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0131】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分LR1は、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合負レンズから構成されている。また、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分LR2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および両凸レンズから構成されている。

【0132】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図31は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

【0133】次の表(7)に、第7実施例の諸元の値を掲げる。表(7)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 2ω は画角を、 β は撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、d

は各レンズ面間隔を、 r は曲率半径（非球面の場合は近軸曲率半径）を、 n は d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) に対する屈折率を、 ν はアッペ数をそれぞれ示している。表

中の * 印は非球面であることを意味する。

【0134】

【表 7】

$$f = 17.5 \sim 34 \text{ mm}$$

$$\text{FNO} = 4.1$$

$$2\omega = 104.4^\circ \sim 64.9^\circ$$

面番号	r	d	ν	n
1	44.9028	2.0000	40.90	1.796310
2*	15.0169	15.0000		
3	-83.3430	2.5000	49.45	1.772789
4	22.0645	6.9000	82.52	1.497820
5	63.9119	3.8000		
6	47.9602	5.0000	25.48	1.730378
7	-163.1975	($d7 = \text{可変}$)		
8	34.1077	1.5000	45.37	1.796681
9	23.0656	5.0000	64.10	1.516800
10	-93.5777	($d10 = \text{可変}$)		
11	∞	1.0000	(開口絞り S)	
12	29.7891	20.0000	54.55	1.514540
13	-22.2629	1.3000	37.35	1.834000
14	66.0998	2.2000		
15	591.3002	1.3000	37.35	1.834000
16	22.5487	6.0000	82.52	1.497820
17	-25.9792	0.1000		
18	125.3855	3.0000	64.10	1.516800
19	-65.7170	($d19 = \text{可変}$)		
20	∞	39.64647	(固定絞り SF)	

(非球面データ)

	κ	C_2	C_4
2 面	-0.2964	0.00000	2.83480×10^{-5}
	C_6	C_8	C_{10}
	1.09290×10^{-8}	1.05840×10^{-10}	-3.52100×10^{-13}
	C_{12}	C_{14}	C_{16}
	-0.63326×10^{-16}	0.69109×10^{-17}	-0.17384×10^{-19}
	C_{18}		
	0.77240×10^{-23}		

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	17.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞
d7	30.70578	14.06641	0.89044
d10	3.43119	3.43119	3.43119
d19	-0.63682	9.70125	25.60597

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.04752	-0.08688	-0.13290
D0	333.3899	246.8854	229.1921
d7	33.35578	16.71641	3.54044
d10	0.78119	0.78119	0.78119
d19	-0.63682	9.70125	25.60597

(条件式対応値)

(8) $f2F/fw = 3.429$

(9) $|f1|/f2 = 0.6287$

(10) $(rc+rb)/(rc-rb) = 0.546$

(11) $|\beta w \cdot Mt/\beta t| = 0.00894$

(12) $ra/rb = 1.333$

(13) $dp/fw = 1.143$

【0135】図32～図35は、第7実施例の諸収差図である。すなわち、図32は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図33は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図34は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図35は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)を、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0136】図32の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図33の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図34の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図35の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第7実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0137】〔第8実施例〕図36は、第2発明の第8実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図36の内焦式ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側に凸面を向け像側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの貼り合わせからなる接合負レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0138】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分L21は、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。また、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分L22は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および両凸レンズから構成されている。

【0139】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図36は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

【0140】次の表(8)に、第8実施例の諸元の値を掲げる。表(8)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 2ω は面角を、 β は撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、dは各レンズ面間隔を、rは曲率半径(非球面の場合は近軸曲率半径)を、nはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する屈折率を、 ν はアッペ数をそれぞれ示している。表中の*印は非球面であることを意味する。

【0141】

【表8】

$f = 17.5 \sim 34 \text{ mm}$				
$FNO = 4.3 \sim 4.2$				
$2\omega = 104.6^\circ \sim 64.9^\circ$				
面番号	r	d	ν	n
1	44.4743	2.0000	40.90	1.796310
2*	14.8240	15.0000		
3	-100.9884	2.5000	49.45	1.772789

4	20.7090	10.0000	82.52	1.497820
5	44.9016	2.6665		
6	40.1401	4.5000	25.48	1.730378
7	-258.8822	(d7= 可変)		
8	38.2112	1.5000	45.37	1.796681
9	23.5648	5.0000	54.55	1.514540
10	-99.8075	(d10=可変)		
11	∞	1.0000	(開口絞り S)	
12	29.7330	20.0000	58.90	1.518230
13	-23.5477	1.3000	37.35	1.834000
14	91.7769	1.8765		
15	1041.8602	1.3000	37.35	1.834000
16	23.4104	6.0000	82.52	1.497820
17	-26.1402	0.1000		
18	634.9730	3.0000	58.90	1.518230
19	-50.0191	(d19=可変)		
20	∞	45.65899	(固定絞り S F)	

(非球面データ)

	κ	C_2	C_4
2 面	-0.4864	0.00000	3.37280×10^{-6}
	C_6	C_8	C_{10}
	2.00990×10^{-8}	2.18430×10^{-11}	-2.42790×10^{-13}
	C_{12}	C_{14}	C_{16}
	0.11587×10^{-15}	0.62023×10^{-17}	-0.13676×10^{-19}
	C_{18}		
	-0.63440×10^{-24}		

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	17.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞
d7	29.24496	13.55638	1.13328
d10	3.76471	3.76471	3.76471
d19	-0.39682	11.04277	28.64216

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.07598	-0.11042	-0.15270
D0	203.2484	192.1448	198.8771
d7	31.89496	16.20638	3.78328
d10	1.11471	1.11471	1.11471
d19	-0.39682	11.04277	28.64216

(条件式対応値)

(8) $f2F/fw = 4.083$

(9) $|f1|/f2 = 0.568$

(10) $(rc+rb)/(rc-rb) = 0.732$

(11) $|\beta w \cdot Mt/\beta t| = 0.1209$

(12) $ra/rb = 1.119$

(13) $dp/fw = 1.143$

【0142】図37～図40は、第8実施例の諸収差図である。すなわち、図37は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図38は望遠端での無限遠合焦状

態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図39は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図40は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図

をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)を、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0143】図37の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図38の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図39の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図40の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第8実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0144】〔第9実施例〕図41は、第2発明の第9実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。図41の内焦式ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1の第1レンズ成分L11は、物体側に凸面を向け像側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズから構成されている。また、第1レンズ群G1の第2レンズ成分L12は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの貼り合わせからなる接合負レンズから構成されている。さらに、第1レンズ群G1の第3レンズ成分L13は、両凸レンズから構成されている。

【0145】また、第2レンズ群G2の前群G2Fは、物体側から順に、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの貼り合わせからなる接合正レンズか

ら構成されている。さらに、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分LR1は、物体側から順に、厚肉の両凸レンズと両凹レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズから構成されている。また、第2レンズ群G2の後群G2R中のレンズ成分LR2は、物体側から順に、両凹レンズと両凸レンズとの貼り合わせからなる接合正レンズ、および物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズから構成されている。

【0146】なお、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rの間には開口絞りSが配置され、第2レンズ群G2の直ぐ像側には固定絞りSFが配置されている。開口絞りSは変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動するが、固定絞りSFは変倍に際して移動することなく像面に対して常に固定である。図41は、広角端におけるレンズ配置を示している。望遠端への変倍に際しては、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動する。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、開口絞りSは移動することなく、第2レンズ群前群G2Fだけが像側へ移動する。

【0147】次の表(9)に、第9実施例の諸元の値を掲げる。表(9)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 2ω は画角を、 β は撮影倍率を、D0は物点距離(最も物体側の面と物体との間の光軸に沿った距離)をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、dは各レンズ面間隔を、rは曲率半径(非球面の場合は近軸曲率半径)を、nはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する屈折率を、 ν はアッペ数をそれぞれ示している。表中の*印は非球面であることを意味する。

【0148】

【表9】

f = 17.5 ~ 34 mm				
FNO = 4.1				
$2\omega = 104.6^\circ \sim 64.9^\circ$				
面番号	r	d	ν	n
1	63.5433	2.0000	40.90	1.796310
2*	14.8611	15.0000		
3	-224.3822	2.5000	40.90	1.796310
4	23.2147	5.5000	67.87	1.593189
5	45.2317	0.1000		
6	34.5553	6.0000	23.82	1.846660
7	-298.4830	(d7= 可変)		
8	62.5759	3.0000	64.10	1.516800
9	-51.6827	1.5000	33.89	1.803840
10	-67.4387	(d10=可変)		
11	∞	1.0000	(開口絞り S)	
12	27.7437	15.0000	64.10	1.516800
13	-21.1372	2.0000	45.37	1.796681

14	105.0802	4.2078		
15	-133.5323	1.3000	33.89	1.803840
16	22.9670	5.0000	64.10	1.516800
17	-23.3925	0.1000		
18	-1024.1634	3.0000	58.50	1.651599
19	-53.6833	(d19=可変)		
20	∞	36.60502	(固定絞り S F)	

(非球面データ)

	κ	C_2	C_4
2 面	-0.3106	0.00000	2.81720×10^{-5}
	C_6	C_8	C_{10}
	8.89610×10^{-9}	9.66190×10^{-11}	-2.58970×10^{-13}
	C_{12}	C_{14}	C_{16}
	-0.20357×10^{-15}	0.51096×10^{-17}	-0.12392×10^{-19}
	C_{18}		
	0.10282×10^{-22}		

(無限遠合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
f	17.50000	24.00000	34.00000
D0	∞	∞	∞
d7	34.45358	15.73604	0.91446
d10	3.69123	3.69123	3.69123
d19	3.51182	12.24667	25.68490

(至近距離合焦状態における可変間隔)

	広角端	中間	望遠端
β	-0.04289	-0.06933	-0.09957
D0	373.6911	316.3166	314.4714
d7	37.10358	18.38604	3.56446
d10	1.04123	1.04123	1.04123
d19	3.51182	12.24667	25.68490

(条件式対応値)

(8) $f2F/fw = 3.943$

(9) $|f1|/f2 = 0.744$

(10) $(rc+rb)/(rc-rb) = 0.7925$

(11) $|\beta w \cdot Mt/\beta t| = 0.0243$

(12) $ra/rb = 1.309$

(13) $dp/fw = 0.857$

【0149】図42～図45は、第9実施例の諸収差図である。すなわち、図42は広角端での無限遠合焦状態における諸収差図を、図43は望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。また、図44は広角端での至近距離合焦状態における諸収差図を、図45は望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)を、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【0150】図42の収差図を参照すると、広角端において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図43の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、諸収差が良好に補正されていることがわかる。一方、図44の収差図を参照すると、広角端において、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。また、図45の収差図を参照すると、望遠端においても広角端と同様に、近距離収差変動が少なく、諸収差が良好に補正されていることがわかる。このように、第9実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において諸収差が良好に補正され、良好な光学性能が確保されていることがわかる。

【0151】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第1発明によれば、 $2\omega = 107.8^\circ \sim 65.4^\circ$ という大画角を有する超広角領域までカバーし、約2.1倍の変倍比を有し、各焦点距離状態においてFナンバーが約3.5～4でほぼ一定という明るさを有し、構成が単純で製造が容易な、ダウンサイジングされた小型の高性能な超広角ズームレンズを達成することができる。また、本発明の第2発明によれば、 $2\omega = 104.5^\circ \sim 64.9^\circ$ という大画角を有する超広角領域までカバーし、約2倍の変倍比を有し、各焦点距離状態においてFナンバーが約4でほぼ一定という明るさを有し、構成が単純で製造が容易な、ダウンサイジングされた小型の高性能な内焦式ズームレンズを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1発明の第1実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図2】第1実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図3】第1実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図4】第1実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図5】第1実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図6】第1発明の第2実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図7】第2実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図8】第2実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図9】第2実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図10】第2実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図11】第1発明の第3実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図12】第3実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図13】第3実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図14】第3実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図15】第3実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図16】第1発明の第4実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移

動軌跡を示す図である。

【図17】第4実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図18】第4実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図19】第4実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図20】第4実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図21】第1発明の第5実施例にかかる超広角ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図22】第5実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図23】第5実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図24】第5実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図25】第5実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図26】第2発明の第6実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図27】第6実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図28】第6実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図29】第6実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図30】第6実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図31】第2発明の第7実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図32】第7実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図33】第7実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図34】第7実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図35】第7実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図36】第2発明の第8実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図37】第8実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図38】第8実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図39】第8実施例の広角端での至近距離合焦状態に

おける諸収差図である。

【図 4 0】第 8 実施例の望遠端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図 4 1】第 2 発明の第 9 実施例にかかる内焦式ズームレンズのレンズ構成および変倍における各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図 4 2】第 9 実施例の広角端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図 4 3】第 9 実施例の望遠端での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図 4 4】第 9 実施例の広角端での至近距離合焦状態における諸収差図である。

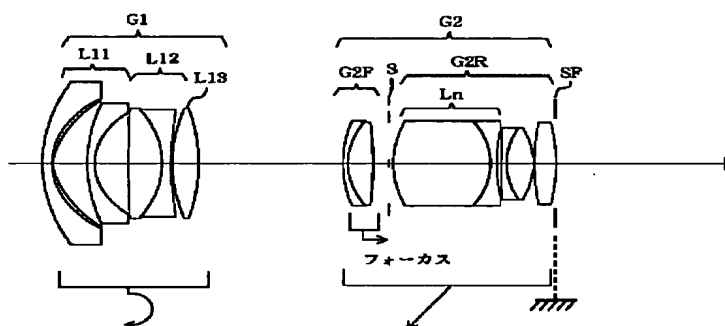
【図 4 5】第 9 実施例の望遠端での至近距離合焦状態に

おける諸収差図である。

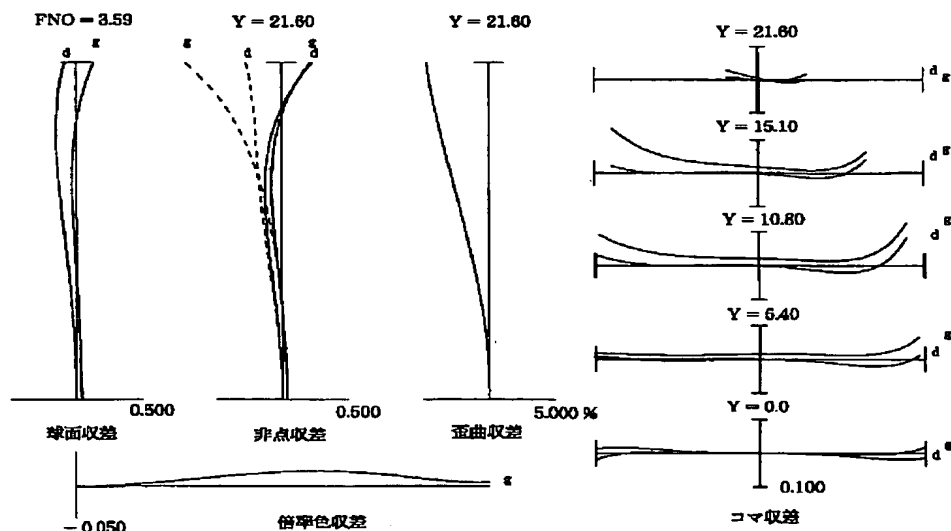
【符号の説明】

G 1	第 1 レンズ群
G 2	第 2 レンズ群
G2F	第 2 レンズ群前群
G2R	第 2 レンズ群後群
L11	第 1 レンズ群中の第 1 レンズ成分
L12	第 1 レンズ群中の第 2 レンズ成分
L13	第 1 レンズ群中の第 3 レンズ成分
LR1	第 2 レンズ群中のレンズ成分
LR2	第 2 レンズ群中の正レンズ成分
S	開口絞り
S F	固定絞り

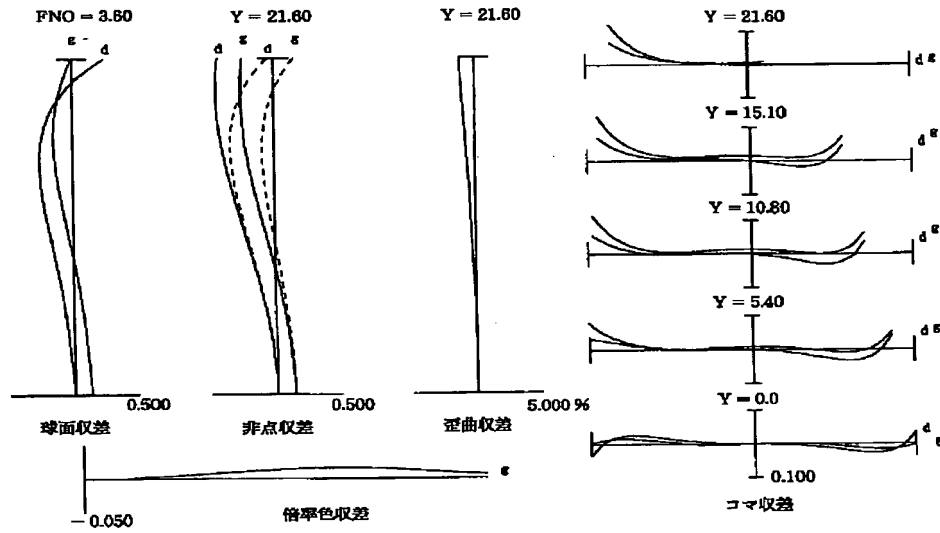
【図 1】



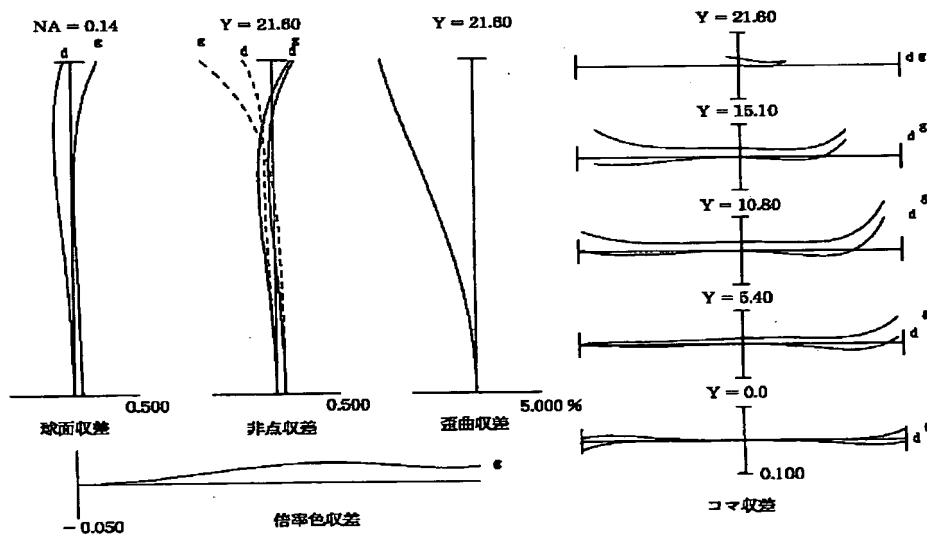
【図 2】



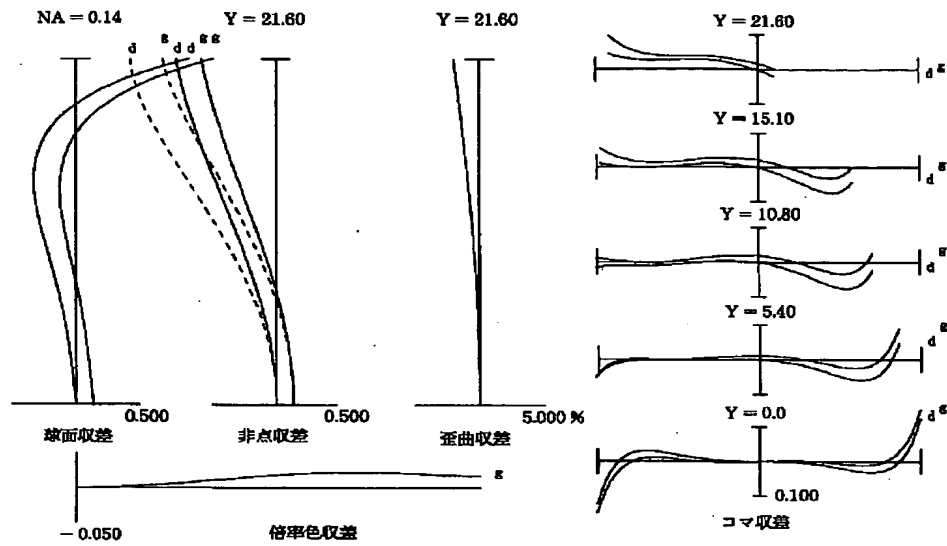
【図 3】



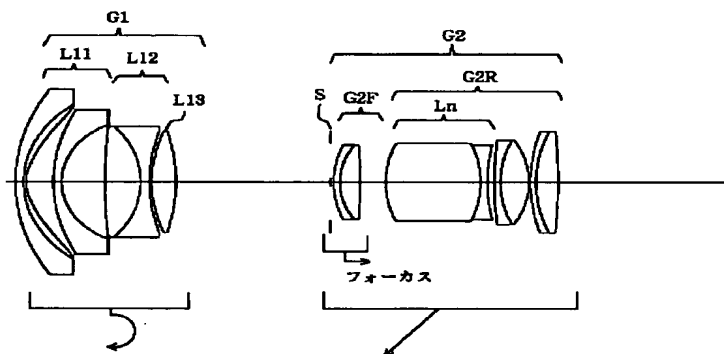
【図 4】



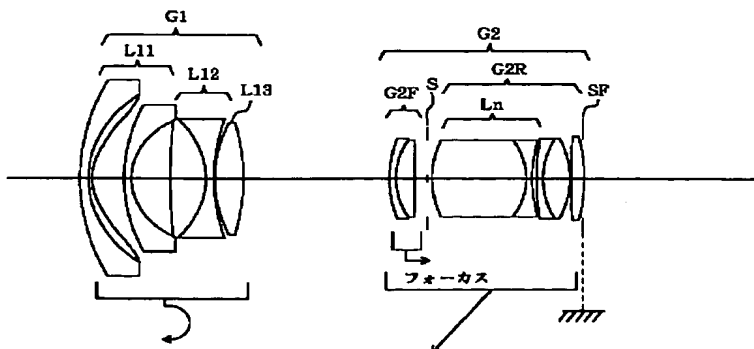
【図5】



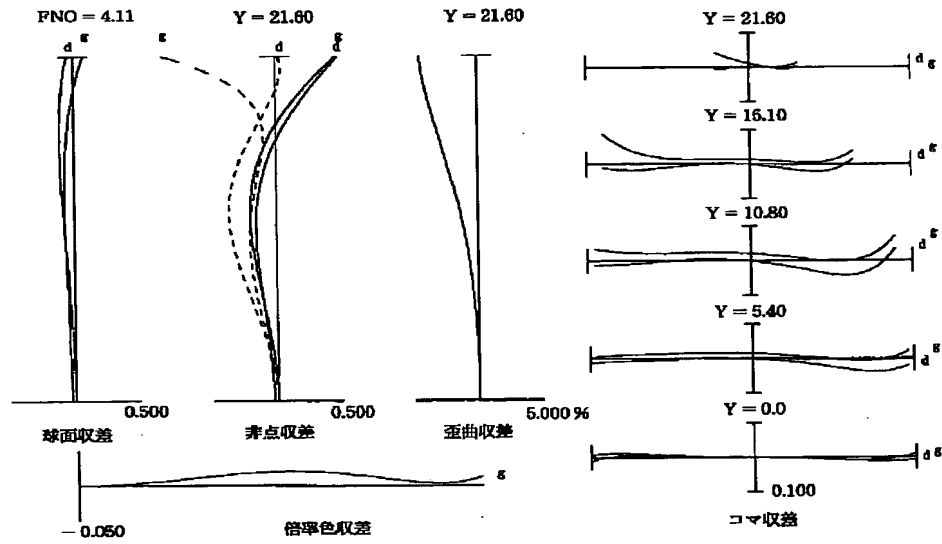
【図6】



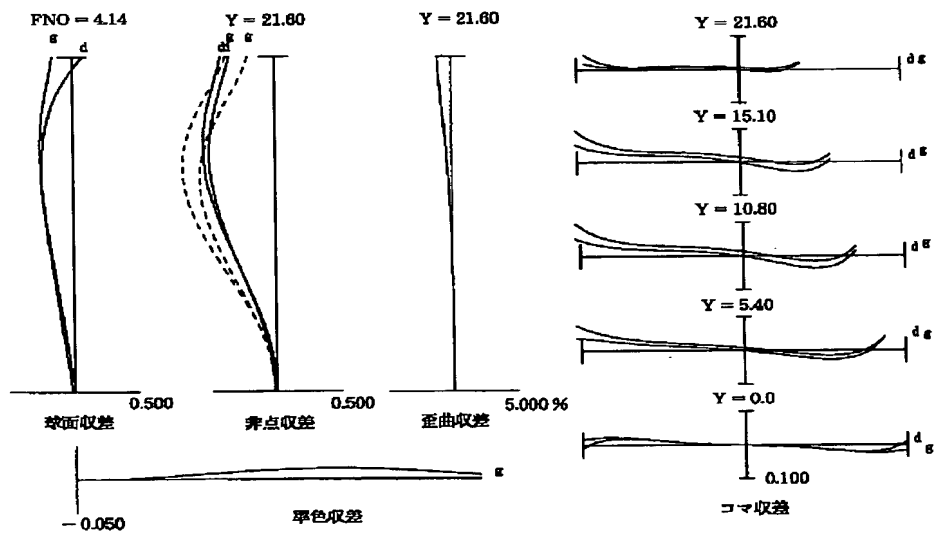
【図11】



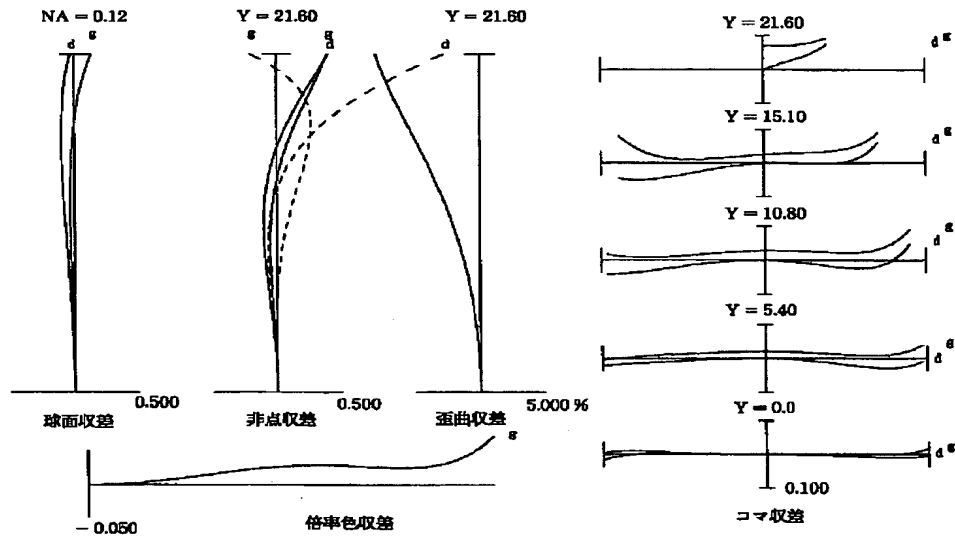
【図 7】



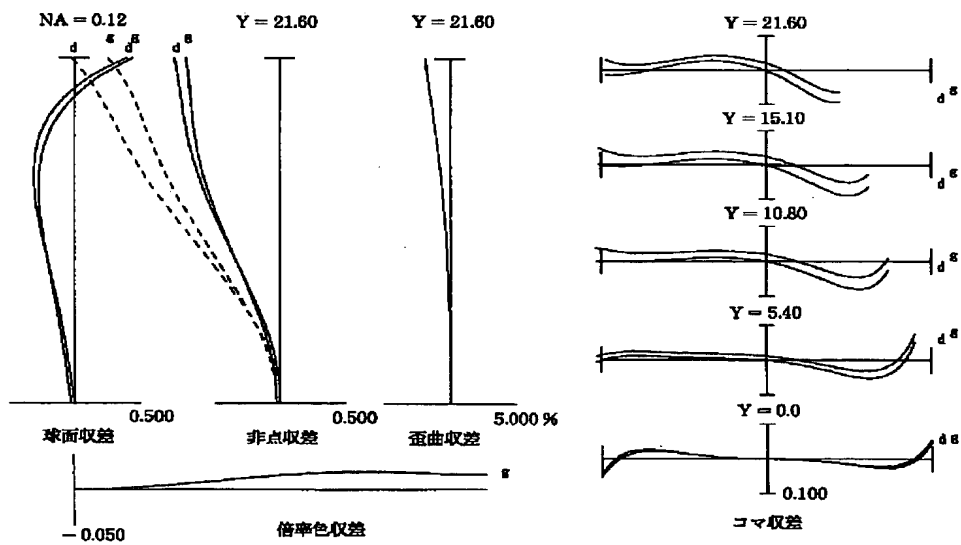
【図 8】



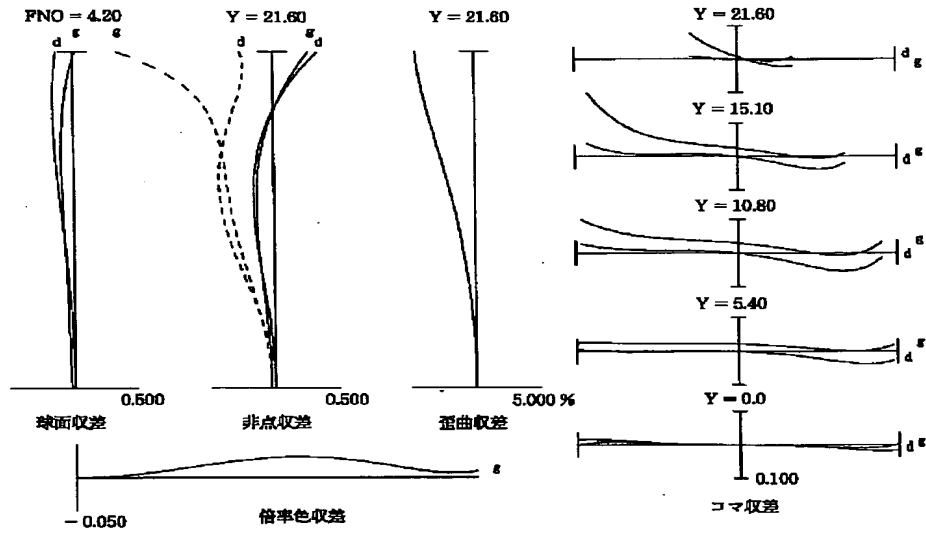
【図 9】



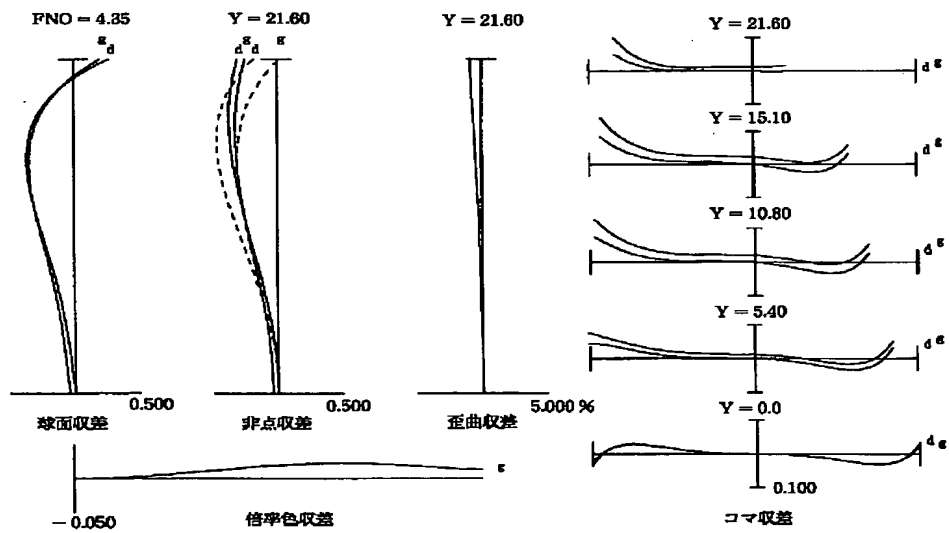
【図 10】



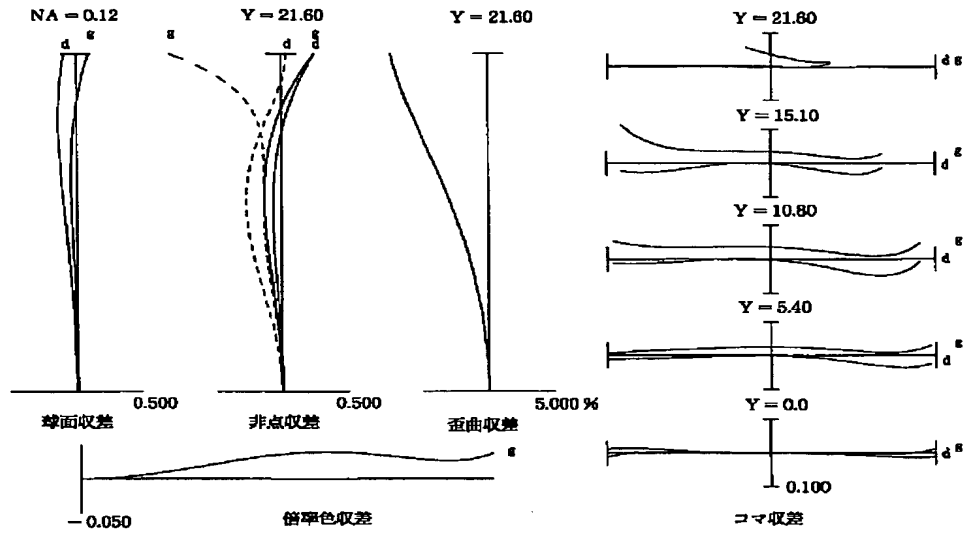
【図 1 2】



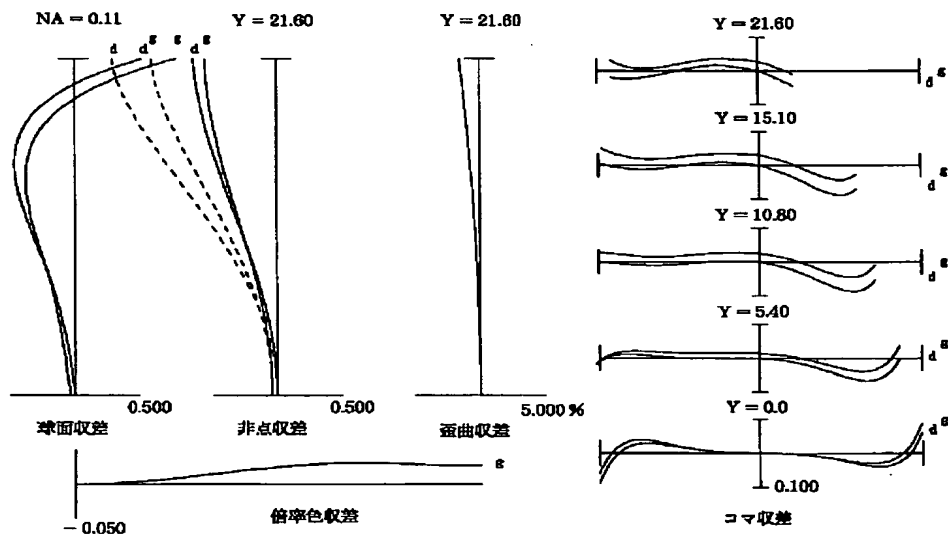
【図 1 3】



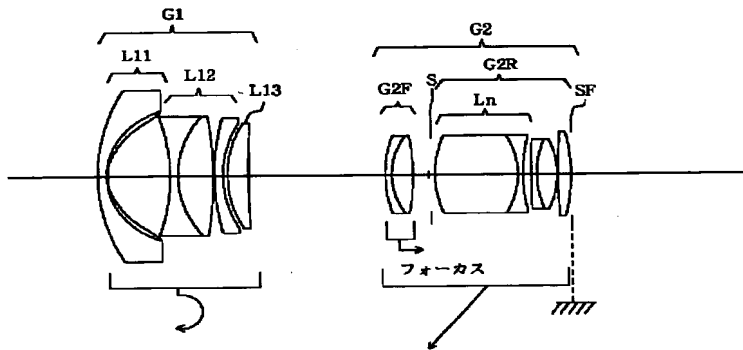
【図14】



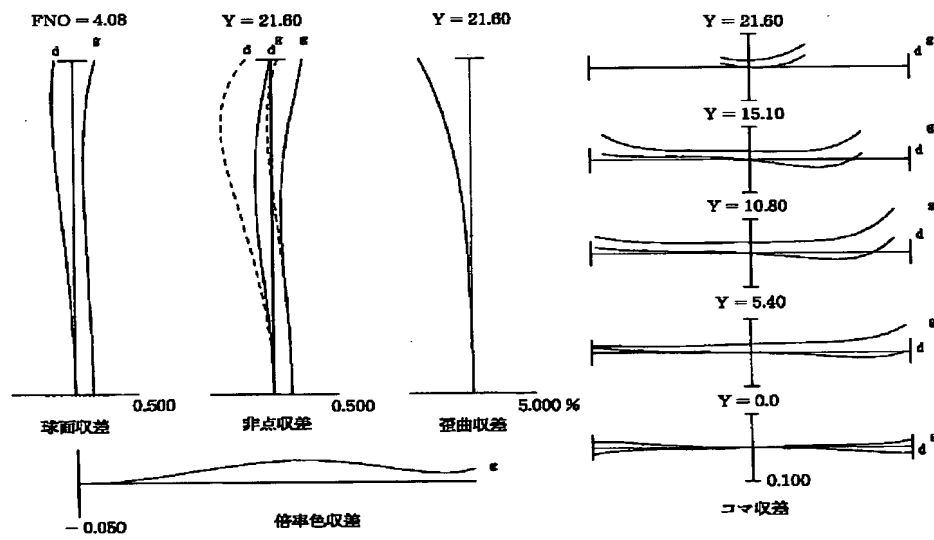
【図15】



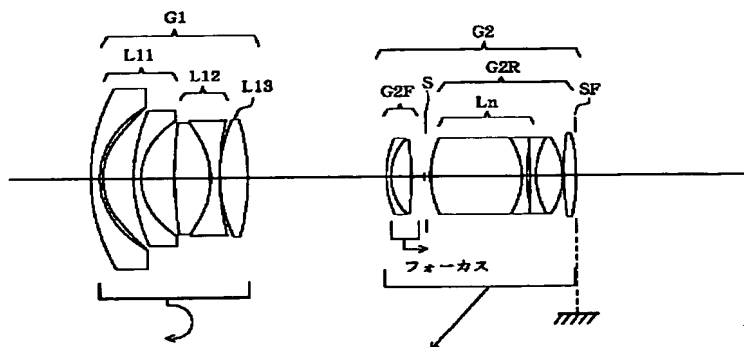
【図16】



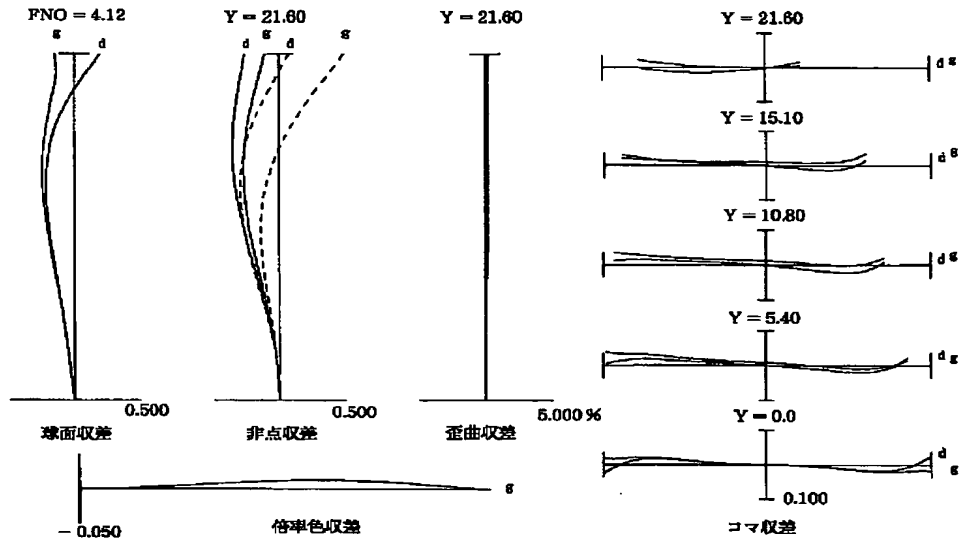
【図17】



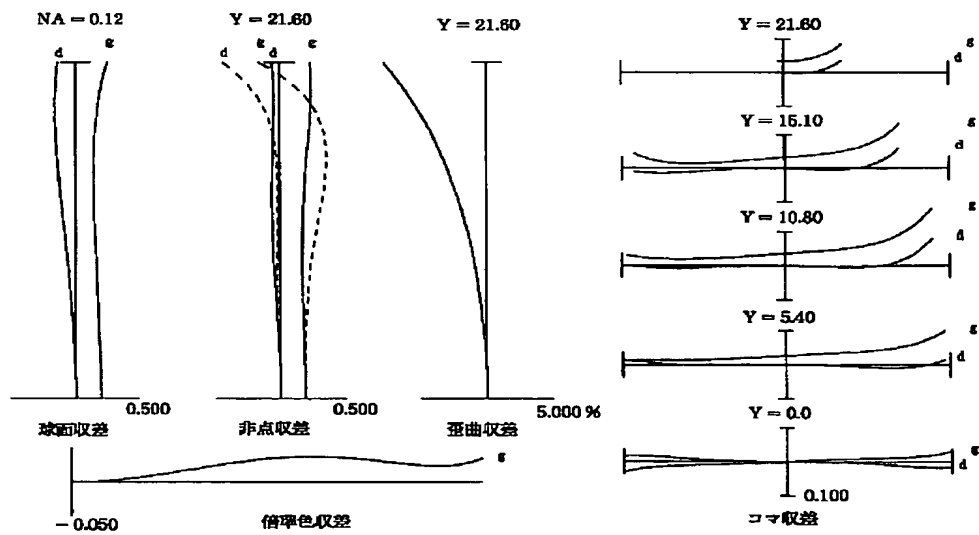
【図21】



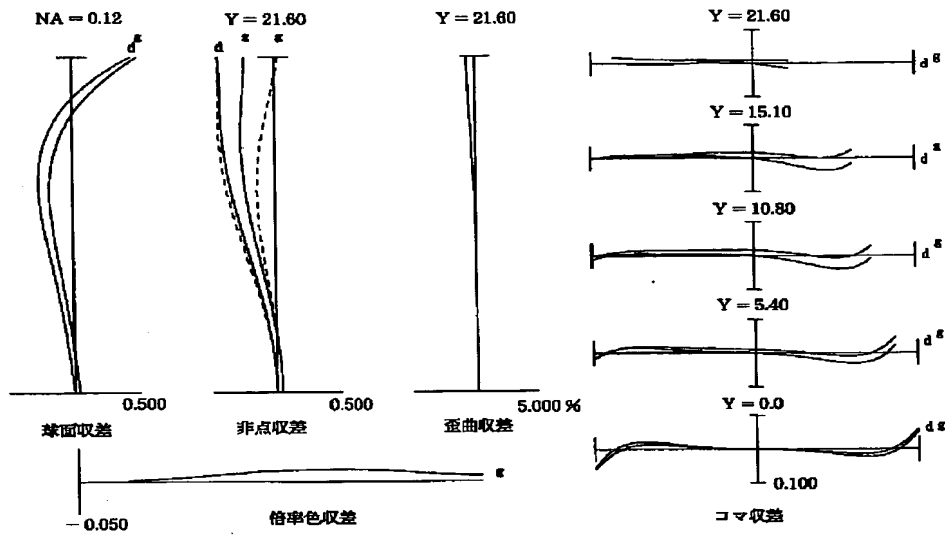
【図 18】



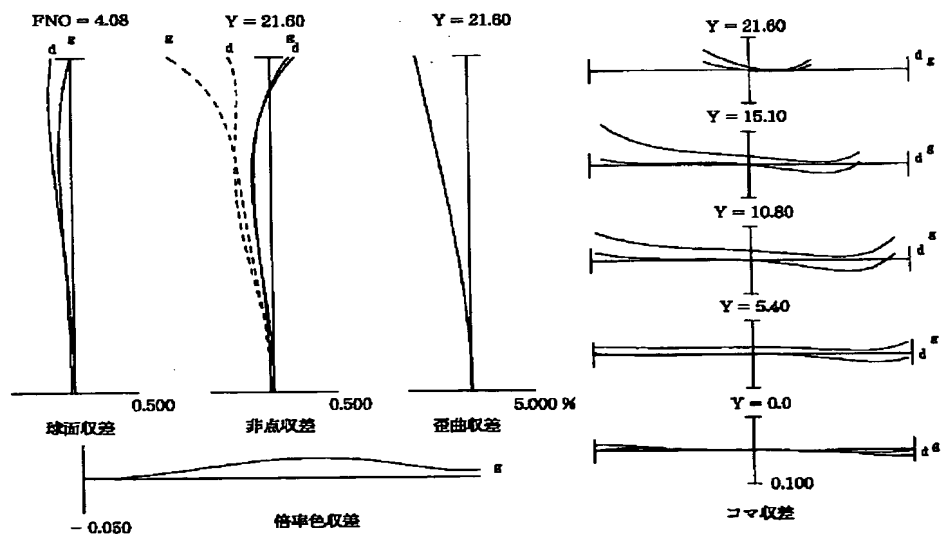
【図 19】



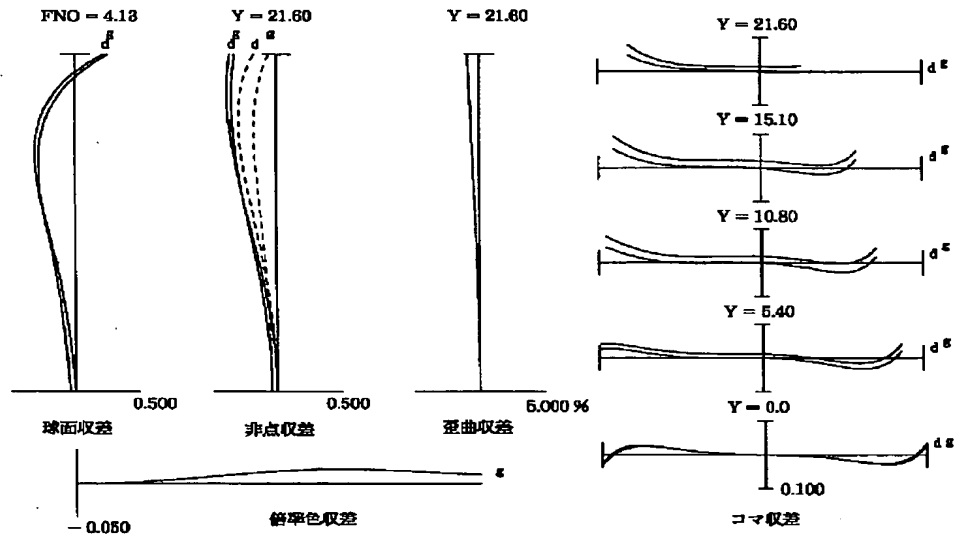
【図 20】



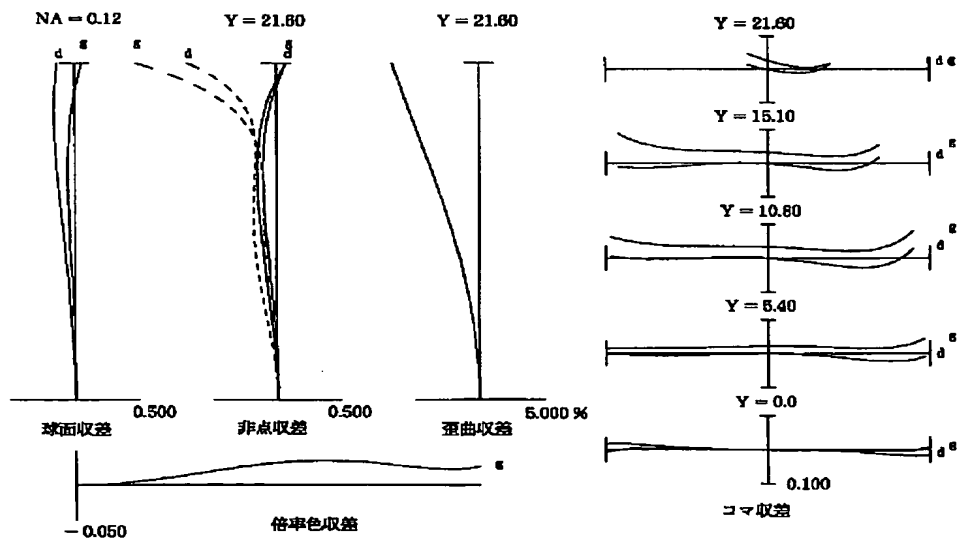
【図 22】



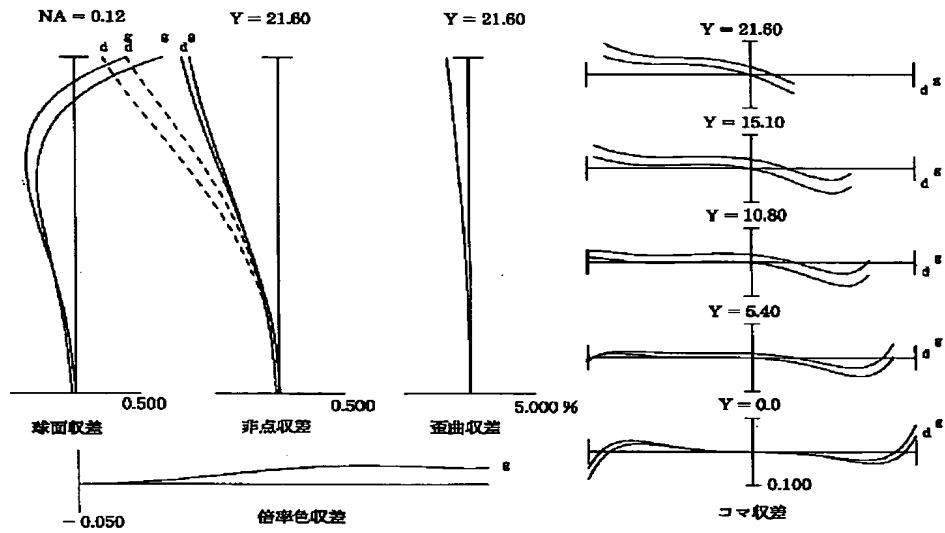
【図 23】



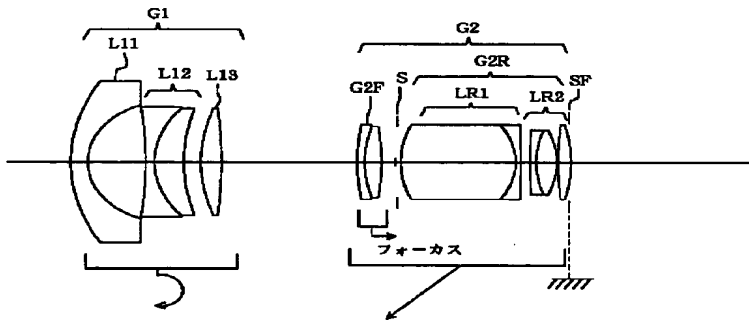
【図 24】



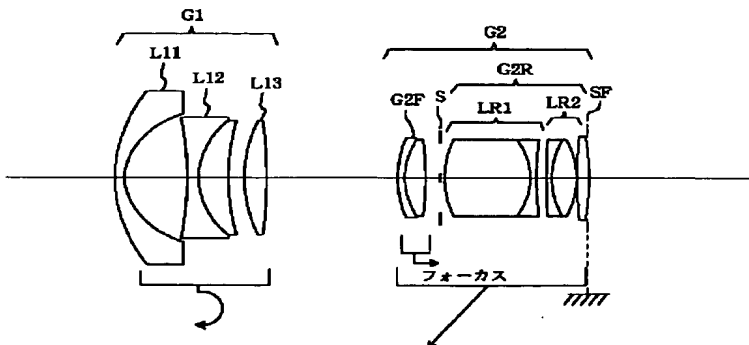
【図 25】



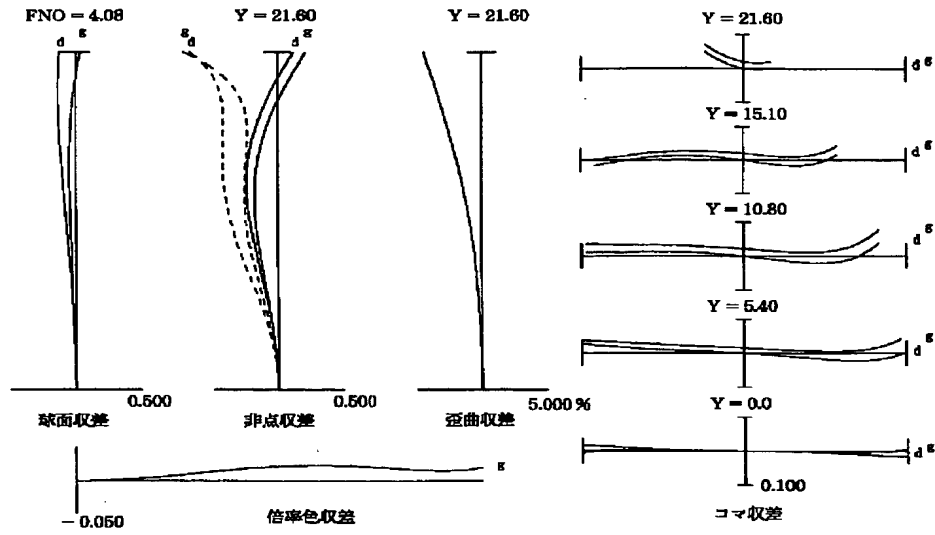
【図 26】



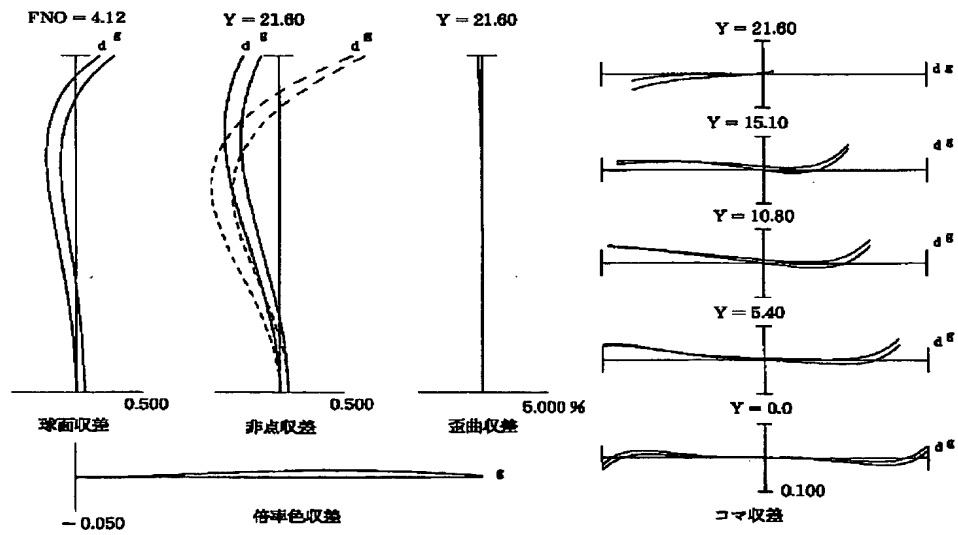
【図 31】



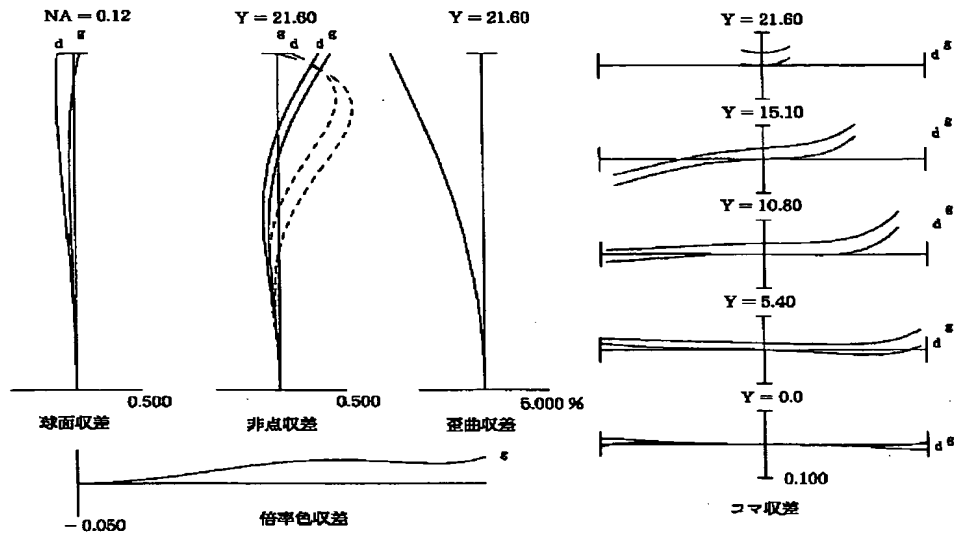
【図 27】



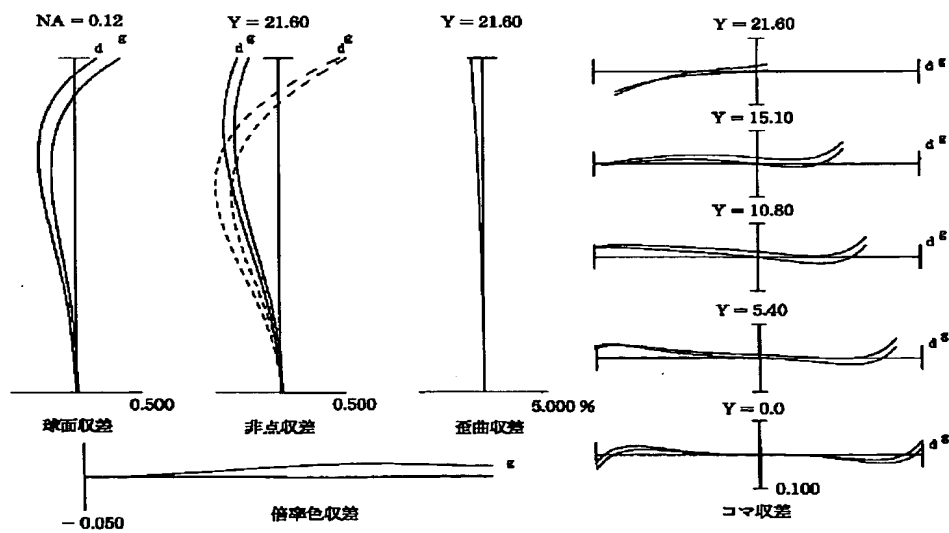
【図 28】



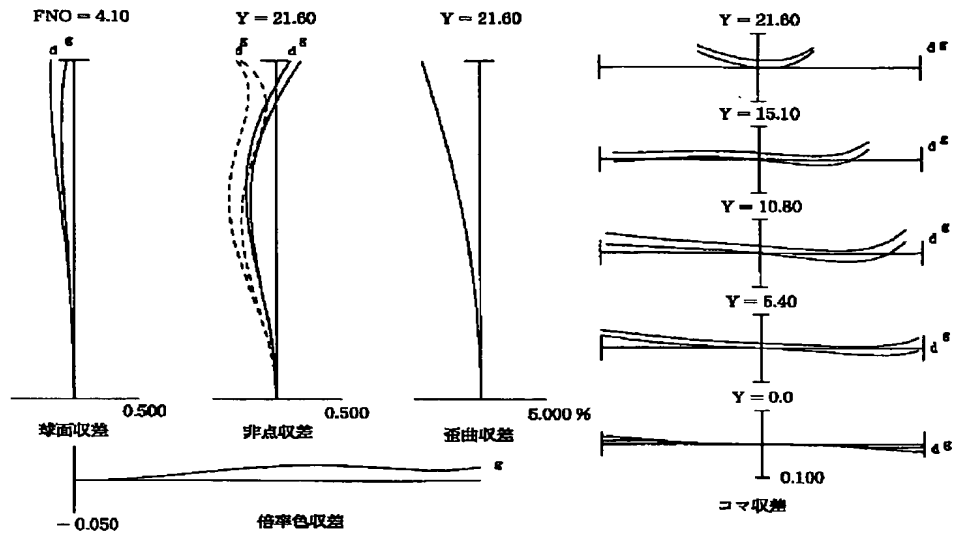
【図 29】



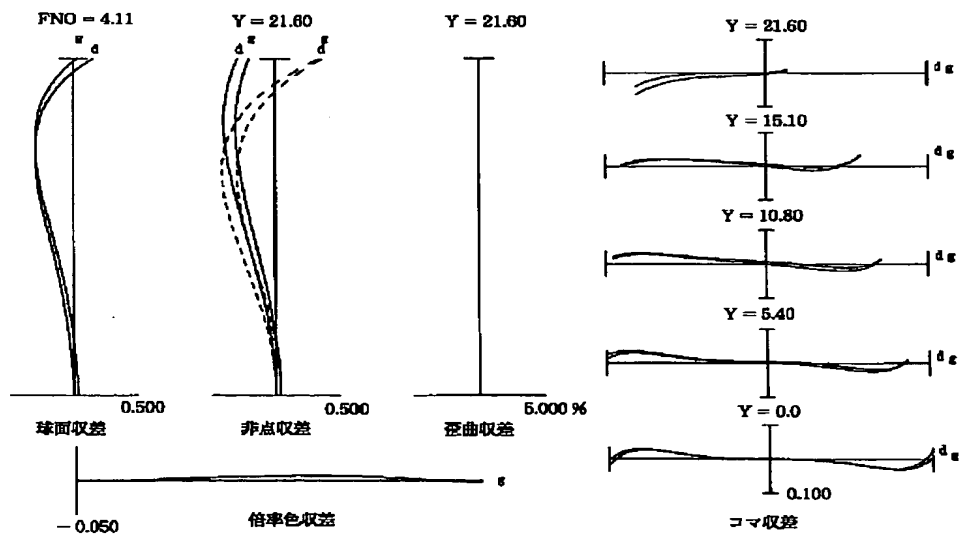
【図 30】



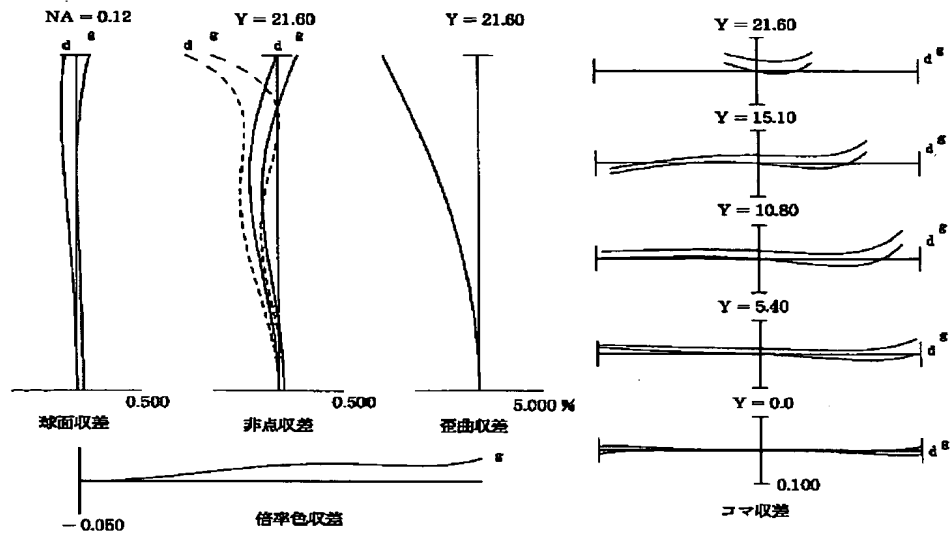
【図 3 2】



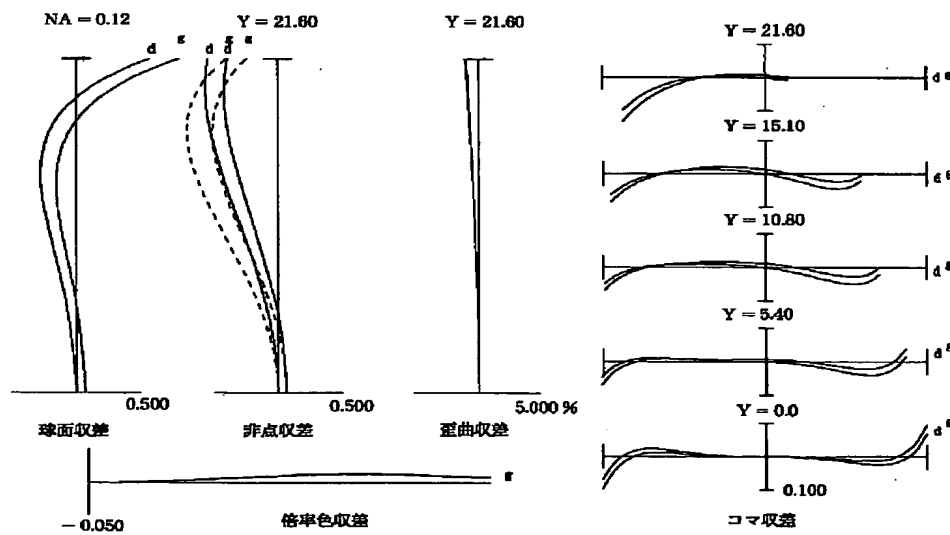
【図 3 3】



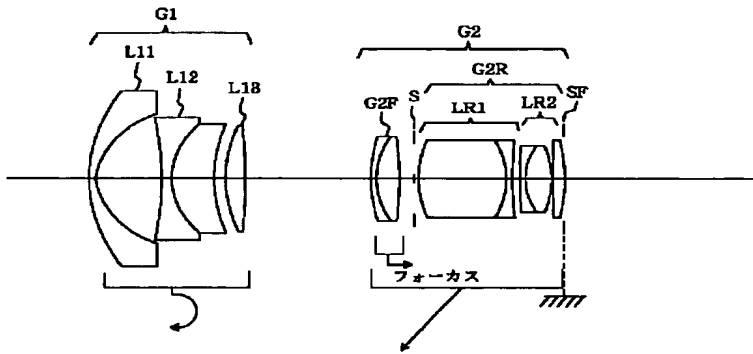
【図 34】



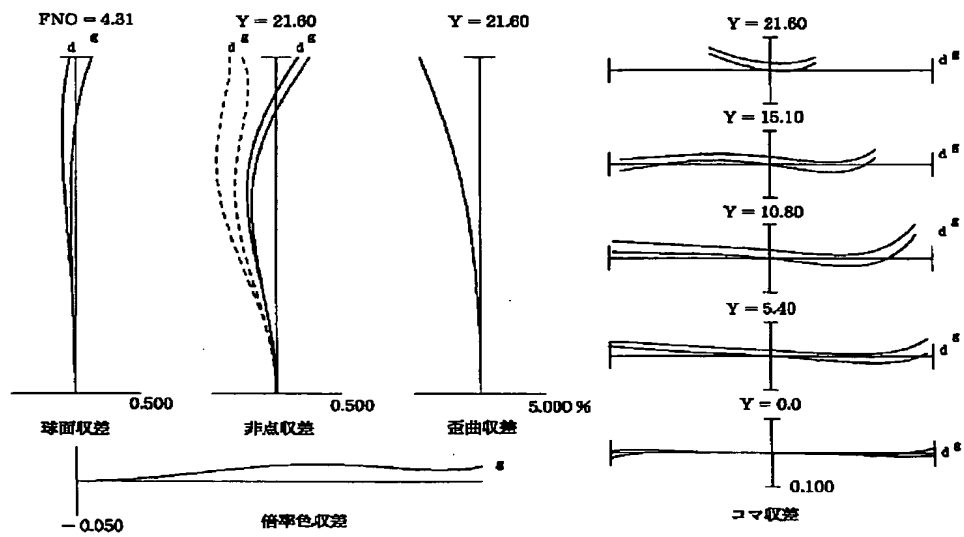
【図 35】



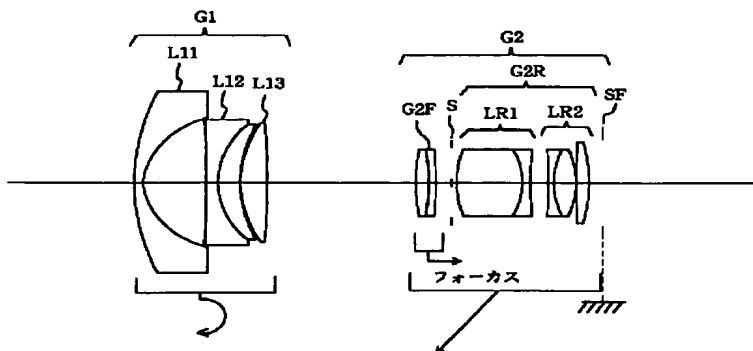
【図 36】



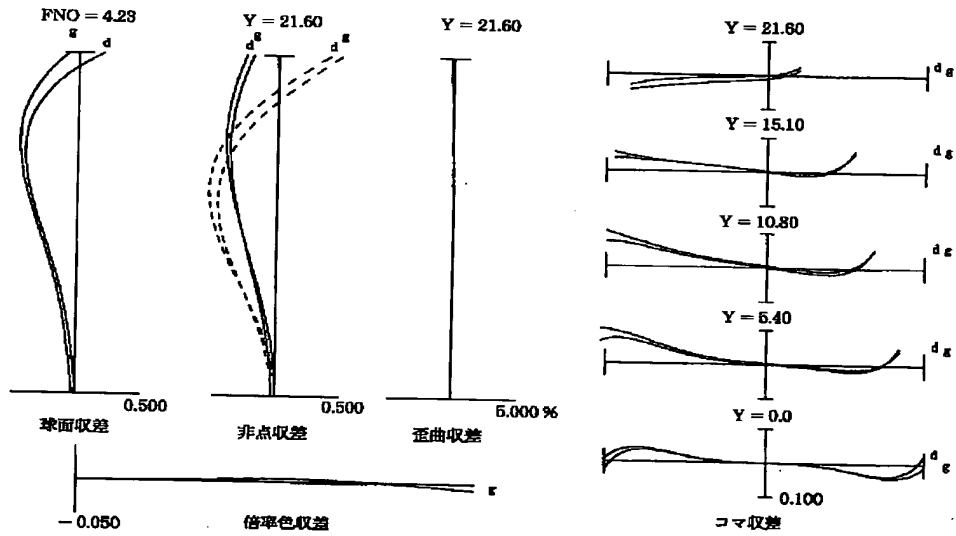
【図 37】



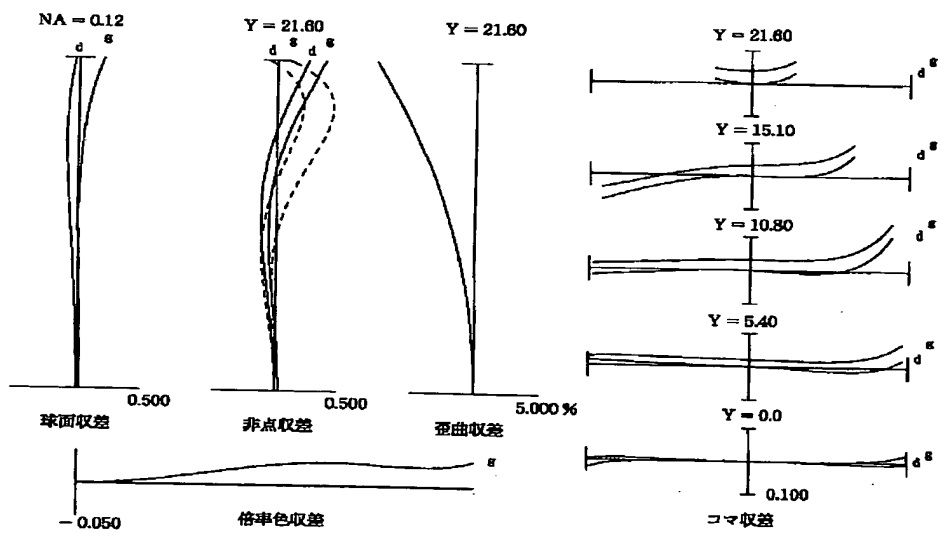
【図 41】



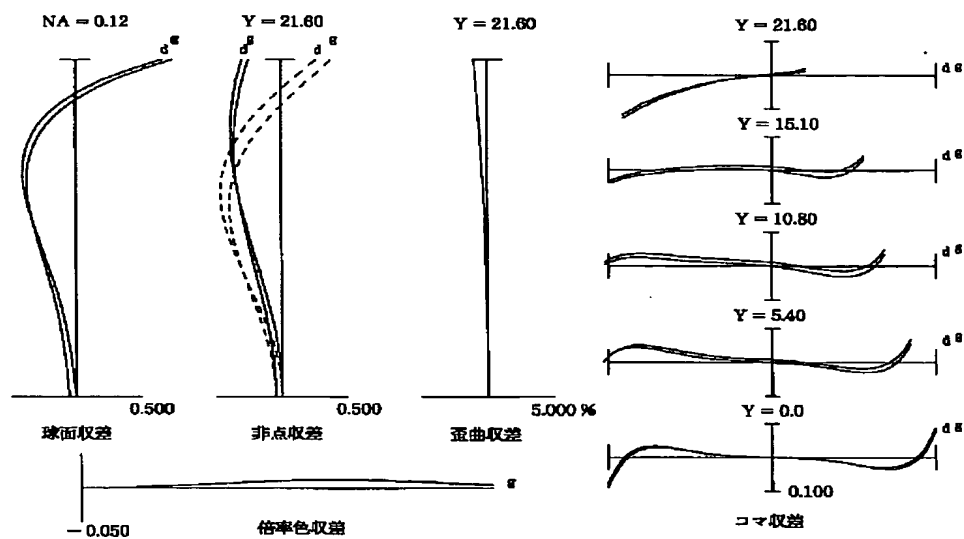
【図 38】



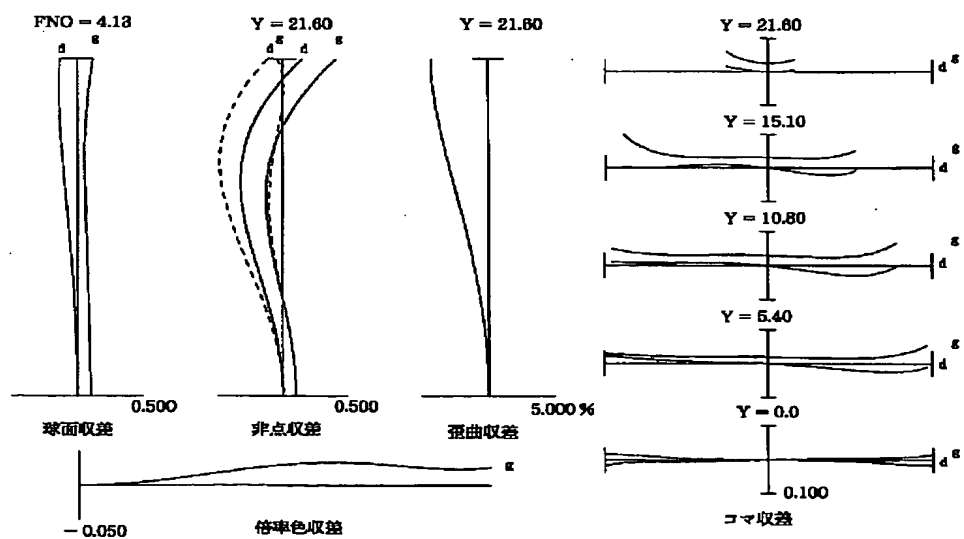
【図 39】



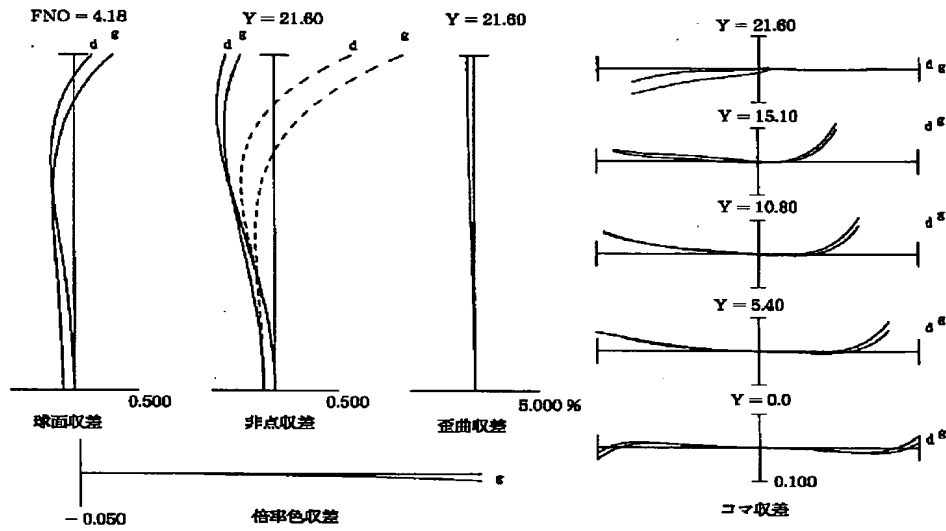
【図 40】



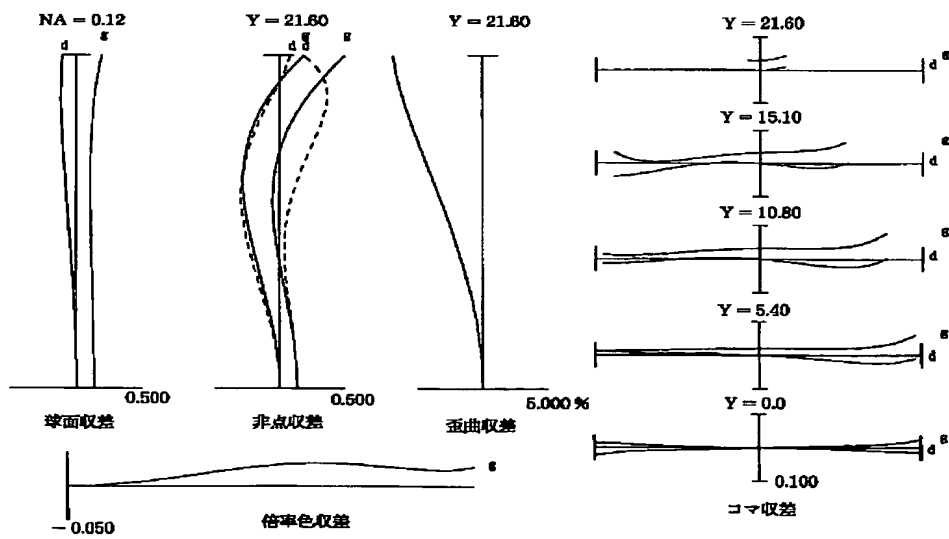
【図 42】



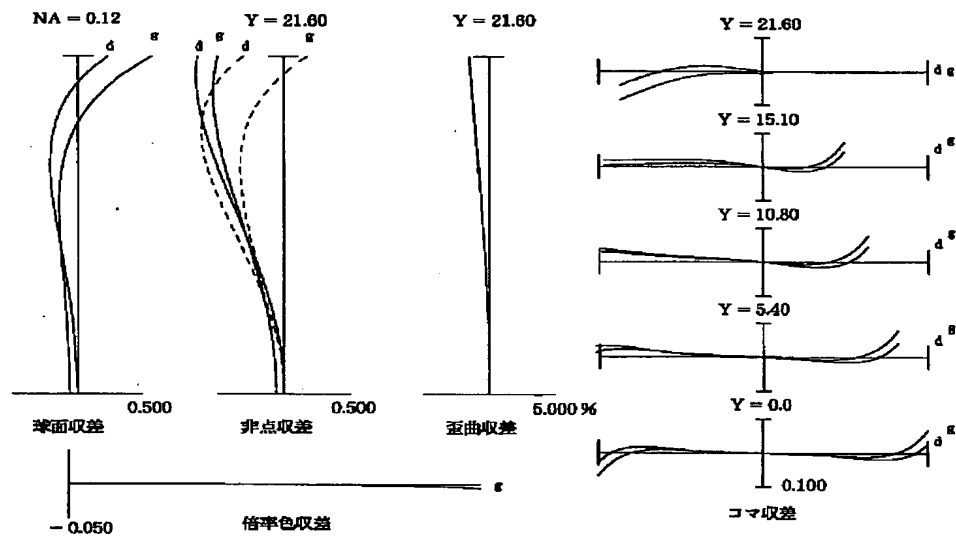
【図43】

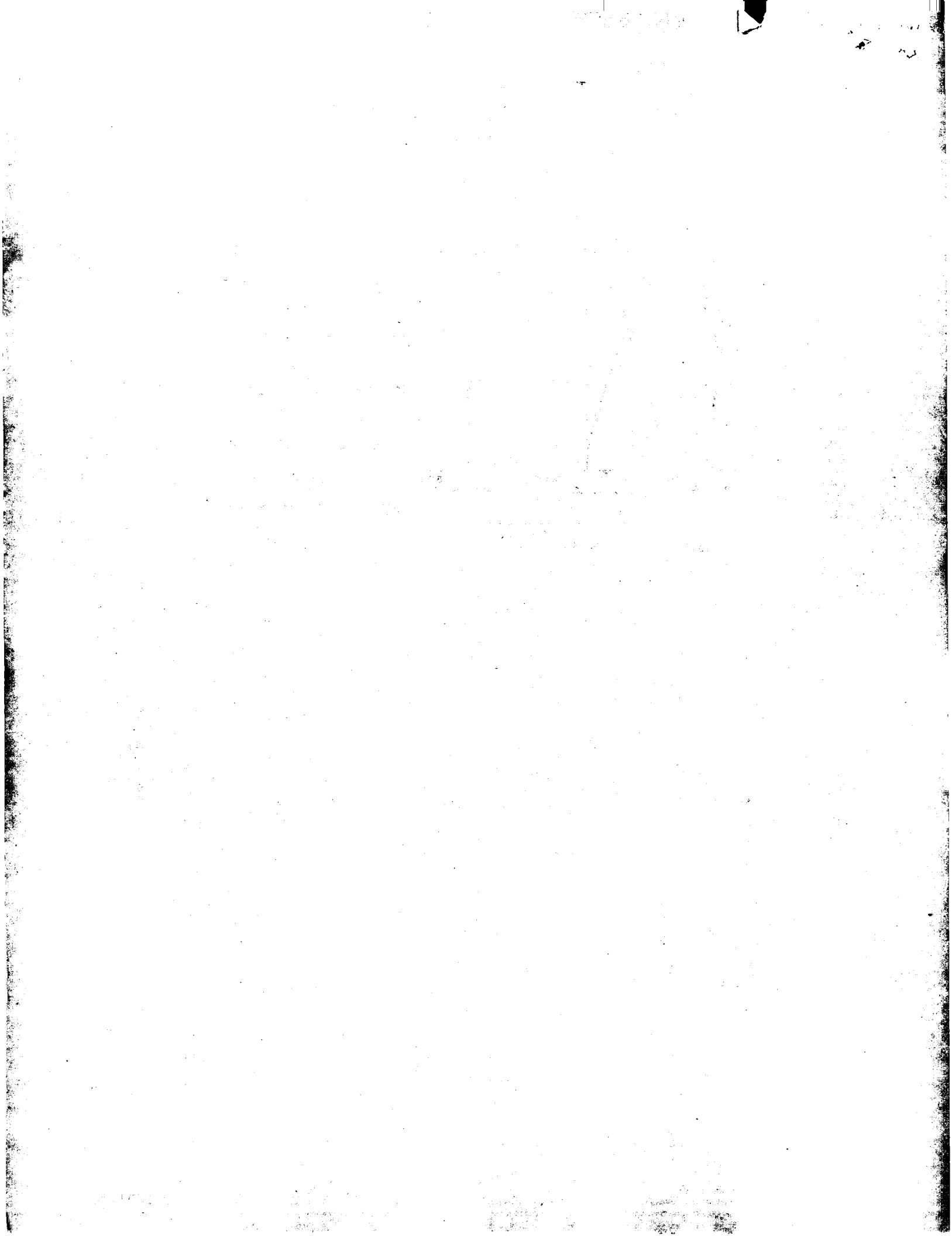


【図44】



【図 45】





PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-002837

(43)Date of publication of application : 07.01.2000

(51)Int.Cl.

G02B 15/16
G02B 13/18

(21)Application number : 10-183332

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 15.06.1998

(72)Inventor : SATO HARUO

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a small-sized high-performance super-wide-angle zoom lens covering a super-wide-angle area where the maximum angle of view exceeds 100° and having comparatively large aperture ratio and variable power ratio by making three-degree aspherical coefficient in the specified aspherical expression of an aspherical lens in a 1st lens component satisfy a specified condition.

SOLUTION: In this zoom lens that a variable power is executed by changing a distance between 1st and 2nd lens groups; the 1st lens group is provided with the 1st lens component, a 2nd lens component and a 3rd lens component in order from an object side. When it is assumed that height in a perpendicular direction to an optical axis is (y), a distance along the optical axis from the tangential plane of the apex of an aspherical surface at the height of (y) to the aspherical surface is S(y), the radius of curvature being reference is R, a conical coefficient is (k), and the n-degree aspherical coefficient is Cn, the aspherical surface of the aspherical lens in the 1st lens component is expressed by the expression. The three-degree aspherical coefficient C3 in the aspherical expression satisfies a condition; $-7 \times 10^{-3} \leq C3 \leq -1 \times 10^{-6}$.

$$S(y) = \frac{y^2}{R} \sqrt{1 - \left(1 - k - \frac{y^2}{R^2}\right)^2} + C_1 y^4 + C_2 y^6 + C_3 y^8 + C_4 y^{10} + C_5 y^{12} + C_6 y^{14} + C_7 y^{16} + C_8 y^{18} + C_9 y^{20}$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Sequentially from a body side, it has the 1st lens group G1 which has negative refractive power, and the 2nd lens group G2 which has positive refractive power. In a zoom lens which performs variable power by changing an air gap of said 1st lens group G1 and said 2nd lens group G2 said 1st lens group G1 The 1st lens component L11 which has negative refractive power as a whole sequentially from a body side including at least one aspheric lens. It has the 2nd lens component L12 which has negative refractive power, and the 3rd lens component L13 which has positive refractive power. distance (the amount of sags) which set height of a direction perpendicular to an optical axis to y, and met an optical axis from a tangential plane of top-most vertices of the aspheric surface in height y to the aspheric surface -- S (y) -- carrying out -- radius of curvature of criteria -- R -- carrying out -- a constant of the cone -- kappa -- carrying out -- the n-th aspheric surface coefficient -- Cn **, when carrying out The aspheric surface of said aspheric lens in said 1st lens component L11, [Equation 1]

$$S(y) = (y^2 / R) / [1 + (1 - \kappa - y^2 / R^2)^{1/2}]$$

+ C3, $y^3 + C_4$, $y^4 + C_6$ and $y^6 + C_8$, and $y^8 + C_{10}$, $y^{10} + C_{12}$, $y^{12} + C_{14}$ and $y^{14} + C_{16}$, y^{16} (a)

Said 3rd aspheric surface coefficient C [in / it is expressed by the ***** type and / this aspheric surface type (a)] 3 is - $7 \times 10^{-3} \leq C_3 \leq -1 \times 10^{-6}$. (1)

The super-wide angle zoom lens characterized by satisfying *****.

[Claim 2] Said constant of the cone kappa in said aspheric surface type (a) is $-1 < \kappa < 1$. (2)

A super-wide angle zoom lens according to claim 1 characterized by satisfying *****.

[Claim 3] Said 1st lens component L11 in said 1st lens group G1 is $1.3 \leq |f_{asp}|/f_w \leq 4$, when it has an aspheric surface negative lens, a focal distance of said aspheric surface negative lens in said 1st lens component L11 is set to fasp and a focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge is set to fw. (3)

A super-wide angle zoom lens according to claim 1 or 2 characterized by satisfying *****.

[Claim 4] When a focal distance of said 1st lens group G1 is set to f1, a focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge is set to fw and a focal distance of the zoom lens whole system in a tele edge is set to ft $0.8 \leq |f_1|/(fw - ft)^{1/2} \leq 1.5$ (4).

A super-wide angle zoom lens given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 3.

[Claim 5] When a focal distance of said 1st lens group G1 is set to f1 and a focal distance of said 2nd lens group G2 in an infinite distance focus condition is set to f2, it is $0.1 \leq |f_1|/f_2 \leq 0.95$. (5)

A super-wide angle zoom lens given in claim 1 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 4.

[Claim 6] said 2nd lens group G2 -- order from a body side -- the 2nd -- lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- said 2nd [the] -- a super-wide angle zoom lens given in claim 1 characterized by performing a focus to the short-distance object point by moving only lens group pre-group G2F in accordance with an optical axis thru/or any 1 term of 5.

[Claim 7] said 2nd [the] in an infinite distance focus condition in a wide angle edge -- said 2nd [in / an image formation scale factor of lens group pre-group G2F is set to betaw, and / an infinite distance focus condition in a tele edge / the] -- a time of setting an image formation scale factor of lens group pre-group G2F to betat, and setting a photography scale factor in the maximum contiguity photography condition in a tele edge to Mt -- $0 < |\beta w - M_t / \beta t| < 1$ (6)

A super-wide angle zoom lens according to claim 6 characterized by satisfying *****.

[Claim 8] said 2nd [the] -- lens group pre-group G2F are mutually-independent -- a super-wide angle zoom lens according to claim 6 or 7 characterized by having a cementation positive lens which has a positive lens and a negative lens the bottom, or consists of lamination of a positive lens and a negative lens, and said 2nd lens ***** G2R having a cemented lens Ln which consists of lamination of a heavy-gage positive lens and a heavy-gage negative lens.

[Claim 9] Said cemented lens Ln in said 2nd lens ***** G2R is $0.58 < dp/fw < 3$, when it consists of negative lenses of thin meat rather than a heavy-gage positive lens and a positive lens of this thickness meat, main thickness of said heavy-gage positive lens is set to dp and a focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge is set to fw. (7)

A super-wide angle zoom lens according to claim 8 characterized by satisfying *****.

[Claim 10] For said 1st lens component L11 or said 2nd lens component L12 in said 1st lens group G1 At least one cementation negative lens which consists of lamination of a negative lens and a positive lens is contained. It is a super-wide angle zoom lens given in claim 1 characterized by a refractive index of said negative lens in said cementation negative lens being larger than a refractive index of said positive lens, and the Abbe number of said negative lens being smaller than the Abbe number of said positive lens thru/or any 1 term of 9.

[Claim 11] A zoom lens which performs variable power by having the 1st lens group G1 which is characterized by providing the following, and which has negative refractive power sequentially from a body side, and the 2nd lens group G2 which has positive refractive power, and changing an air gap of said 1st lens group G1 and said 2nd lens group G2 said 2nd lens group G2 -- order from a body side -- the 2nd -- lens group pre-group G2F 2nd lens ***** G2R -- having -- said 2nd [the] -- the 1st lens component L11 for which a focus to the short-distance object point is performed, and said 1st lens group G1 has negative refractive power sequentially from a body side by moving only lens group pre-group G2F in accordance with an optical axis The 2nd lens component L12 which has negative refractive power It has a positive refractive-power 3 lens component L13. Said 2nd lens ***** G2R A lens component LR 1 which has positive or negative refractive power in order from a body side a lens component LR 2 which has positive refractive power -- at least -- having -- said 2nd [the] -- a time of setting a focal distance of lens group pre-group G2F to f2F, and setting a focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge to fw -- $2.8 \leq f_2 F/fw \leq 8$ (8)

An internal-focusing zoom lens characterized by satisfying *****.

[Claim 12] When a focal distance of said 1st lens group G1 is set to f1 and a focal distance of the 2nd lens group G2 in an infinite distance focus condition is set to f2, it is $0.1 \leq |f_1|/f_2 \leq 0.95$. (9)

An internal-focusing zoom lens according to claim 11 characterized by satisfying *****.

[Claim 13] When radius of curvature of a field by the side of a body of said 3rd lens component L13 in said 1st lens group G1 is set to r_b and radius of curvature of a field by the side of an image of said 3rd lens component L13 is set to r_c $-0.5 \leq (r_c + r_b) / (r_c - r_b) \leq 1$ (10).

An internal-focusing zoom lens according to claim 11 or 12 characterized by satisfying *****.

[Claim 14] said 2nd [the] in an infinite distance focus condition in a wide angle edge -- said 2nd [in / an image formation scale factor of lens group pre-group G2F is set to $\beta_{w\theta}$, and / an infinite distance focus condition in a tele edge / the] -- a time of setting an image formation scale factor of lens group pre-group G2F to $\beta_{t\theta}$, and setting a photography scale factor in the maximum contiguity photography condition in a tele edge to M_t -- $0 < |\beta_{w\theta} - M_t / \beta_{t\theta}| < 1$ (11)

An internal-focusing zoom lens given in claim 11 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 13.

[Claim 15] It is $0.8 < r_a / r_b < 3$, when radius of curvature of a field by the side of an image of said 2nd lens component L12 in said 1st lens group G1 is set to r_a and radius of curvature of a field by the side of a body of said 3rd lens component L13 in said 1st lens group G1 is set to r_b . (12)

An internal-focusing zoom lens given in claim 11 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 14.

[Claim 16] Said lens component LR 1 in said 2nd lens ***** G2R is $0.58 < dp / fw < 3$, when it consists of negative lenses of thin meat rather than a heavy-gage positive lens and a positive lens of this thickness meat, main thickness of said heavy-gage positive lens is set to dp and a focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge is set to fw . (13)

An internal-focusing zoom lens given in claim 11 characterized by satisfying ***** thru/or any 1 term of 15.

[Claim 17] said 2nd [the] -- lens group pre-group G2F are mutually-independent -- whether it has a positive lens and a negative lens the bottom It has a cementation positive lens which consists of lamination of a positive lens and a negative lens.

Or said lens component LR 1 in said 2nd lens ***** G2R It has a cemented lens which consists of lamination of a heavy-gage positive lens and a heavy-gage negative lens. Said lens component LR 2 in said 2nd lens ***** G2R An internal-focusing zoom lens given in claim 11 characterized by including a cementation positive lens which consists of lamination of a negative lens and a positive lens thru/or any 1 term of 16.

[Claim 18] An internal-focusing zoom lens given in claim 11 characterized by including the page [1st / at least] aspheric surface in said 1st lens component L11 or said 2nd lens component L12 in said 1st lens group G1 thru/or any 1 term of 17.

[Claim 19] For said 1st lens component L11 or said 2nd lens component L12 in said 1st lens group G1 At least one cementation negative lens which consists of lamination of a negative lens and a positive lens is contained. It is an internal-focusing zoom lens given in claim 11 characterized by a refractive index of said negative lens in said cementation negative lens being larger than a refractive index of said positive lens, and the Abbe number of said negative lens being smaller than the Abbe number of said positive lens thru/or any 1 term of 18.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the super-wide angle zoom lens which has the large field angle of a negative precedence mold, and the internal-focusing zoom lens which has the large field angle of a negative precedence mold about a zoom lens.

[0002]

[Description of the Prior Art] A few [although many so-called wide angle zoom lenses which begin from a body side in order of a negative lens group and a positive lens group are proposed conventionally / the proposal of the super-wide angle zoom lens which covers a field of a super-wide angle which exceeds the maximum field angle of 100 degrees]. For example, the super-wide angle zoom lens of 3 group configurations which have the maximum field angle of 112.7 degrees and have the aperture of the f number 3.5 is proposed by JP,4-15612,A.

[0003] Moreover, the super-wide angle zoom lens of 4 group configurations which have the maximum field angle of 111.2 degrees, have the aperture of the f number 4.1, and have an about 1.6 times as many variable power ratio as this is proposed by JP,4-235514,A and JP,4-235515,A concerning application of the same applicant as this invention. Furthermore, the super-wide angle zoom lens of 2 group configurations which have the maximum field angle of 107 degrees, have the aperture of the f number 4.1, and have an about 1.75 times as many variable power ratio as this is proposed by JP,9-171139,A and JP,9-171140,A concerning application of the same applicant as this invention.

[0004] The method which, on the other hand, lets out the 1st lens group of negative refractive power as a short-distance focus method in the zoom lens of a negative precedence mold (type whose 1st lens group by the side of a body has negative refractive power most) was more common than before. This is because there is an advantage that the movement magnitude (focus movement magnitude) of the focussing-lens group to the same distance object point becomes fixed in each focal distance condition, by this 1 group delivery method at the time of variable power. However, in the case of the so-called super-wide angle zoom lens, the 1st lens group of negative refractive power is enlarged for the large field angle, it becomes a configuration complicated on the whole, and there is orientation for configuration number of sheets to also increase. Moreover, if 1 group delivery method is adopted as the optical system by which recent years were made autofocus, since enlargement of a focussing-lens group will worsen the response at the time of a focus, it is not desirable. Therefore, a wide angle zoom lens of the so-called inner ***** which focuses henceforth [the 2nd lens group which is a small positive lens group located in an image side rather than the large-sized 1st lens group] was desired.

[0005] Moreover, especially in one side, in the zoom lens which covers a super-wide angle field, it has a still higher variable power ratio, and was diameter[of macrostomia]-ized further, and the manufacture assembly was easy, it was small, and the lens configuration and lens type which were excellent in cost performance were desired. In order to satisfy such conditions, the 2nd lens group which is a small positive lens group is divided, the zoom lens of 2 group configurations of the negative precedence mold of the method which focuses by moving that pre-group is the optimal, and some proposal is made about this kind of zoom lens. In addition, the zoom lens indicated by JP,60-55310,A in ancient times as this kind of a zoom lens is known. Furthermore, the zoom lens indicated by JP,8-327907,A is known as this kind that advanced the miniaturization of a zoom lens.

[0006] Moreover, the zoom lens of the method which focuses by dividing the 2nd lens group of 4 negative positive/negative positive group configurations into JP,5-173070,A, and moving some of the lens groups to it is indicated. Furthermore, the zoom lens of the method which focuses by moving the 2nd lens group of 3 group configurations of ***** or the 2nd lens group of 5 ***** positive/negative positive group configurations is indicated by JP,8-248312,A, JP,8-304704,A, and JP,8-248314,A. Moreover, in them, it has a high variable power ratio, covering the field of a super-wide angle in JP,9-171139,A and JP,9-171140,A concerning application of the same applicant as this invention, and the zoom lens of a small and highly efficient **** 2 group configuration is indicated.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] If it is going to realize the zoom lens which covers a large field angle and generally has a high variable power ratio and comparatively large aperture, amendment of many aberration over the axial outdoor daylight line by the side of a wide angle and the axial Uemitsu line by the side of looking far will become a problem. With the conventional wide angle zoom lens, there are not the oddth term of an aspheric surface coefficient and especially an example that has amended many above-mentioned aberration using the aberration amendment effect of the 3rd term.

[0008] In the zoom lens indicated by JP,4-15612,A, the 1st page of the aspheric surface is established in the positive lens in the 1st lens group of negative refractive power, and aberration **** is performed focusing on the distortion aberration by the side of a wide angle. Generally, even if the positive lens which has been arranged more at the body side in the case of a super-wide angle lens which exceeds especially the maximum field angle of 100 degrees, or a super-wide angle zoom lens decreases the absolute magnitude of distortion aberration, it has the orientation to which the variation (equivalent to an inclination or a differential value) of the distortion aberration by the difference of a field angle is made to increase. In addition, this point is the same also about the chromatic aberration of magnification or astigmatism.

[0009] Therefore, the configuration of JP,4-15612,A cannot satisfy the amendment condition of many aberration including distortion aberration preferably in aberration amendment, either. Moreover, since necessary precision becomes severe also in manufacture, the configuration of this official report is not desirable. Furthermore, since growing gigantic of a positive lens located more in a body side, as a result growing gigantic of front **** are caused, it cannot equip with an attachment filter. Thus, the zoom lens of the indication to JP,4-15612,A is large-sized, a variable power ratio is also small, and the further rate[of high variable power]-izing, a miniaturization, and high performance-ization are desired.

[0010] Moreover, in the zoom lens currently indicated by JP,4-235514,A and JP,4-235515,A, it has the maximum field angle of 112 degrees, the 1st page of the aspheric surface is established in the 1st lens (most lens by the side of a body), and aberration

amendment is performed focusing on the distortion aberration by the side of a wide angle. However, the zoom lens of an indication in these official reports has a large-sized overall length, and its front **** is also large-sized. Moreover, the amendment condition of many aberration including distortion aberration cannot be satisfied, either, and the further rate[of high variable power]-izing, a miniaturization, and high performance-ization are desired. Furthermore, 2 group configurations comparatively small and simple in JP,9-171139,A and JP,9-171140,A -- a high speed steel -- the peck zoom lens is realized. However, the further diameter[of macrostomia]-izing, rate[of high variable power]-izing, a miniaturization, and high performance-ization are desired also to this kind of zoom lens.

[0011] the zoom lens currently indicated on the other hand by JP,60-55310,A and JP,8-327907,A about a focus method -- the maximum field angle -- $2 - \omega = 64$ degrees -- about 85 degrees -- small -- a base [arrangement / of such optical system / the configuration and power (refractive power) arrangement] -- carrying out -- the further wide-angle-izing and high twice -- it is difficult to advance-izing. Moreover, it cannot be satisfied with these official reports of the zoom lens of an indication in optical-character ability.

[0012] Moreover, as mentioned above, the 2nd lens group of 4 negative positive/negative positive group configurations is divided into JP,5-173070,A, and the multi-group zoom lens of the method which focuses at the short-distance object point is indicated by moving the pre-group. However, the zoom lens of an indication in this official report has a complicated and large-sized lens group configuration, and the maximum field angle is also covered only to about 94 degrees. Therefore, when wide angle-ization is further advanced on the basis of this lens configuration and power arrangement, it may enlarge further.

[0013] Furthermore, in the zoom lens currently indicated by JP,8-248312,A, JP,8-304704,A, and JP,8-248314,A, since the focussing-lens group had adopted the configuration moved independently with last thing also at the time of variable power, although the layout flexibility with the small maximum field angle by the side of a wide angle was increasing, structure became complicated, the cause of the eccentricity at the time of an assembly increased, and it has led to the cost rise as a result. Moreover, it cannot be satisfied with these official reports of the zoom lens of an indication in optical-character ability.

[0014] Moreover, the structure of the zoom lens currently indicated by JP,9-171139,A and JP,9-171140,A is also simple, there is also little configuration number of sheets, and it is a super-wide angle zoom lens exceeding field angle $2\omega = 100$ degree. However, since general 1 group delivery method to which the 1st lens group is moved on the occasion of a short-distance focus is adopted, as mentioned above, a focussing-lens group may be large-sized and may worsen the response at the time of a focus. Moreover, with the zoom lens of an indication, while improving short-distance aberration fluctuation in these official reports greatly, it advances the further high-performance-izing and the further miniaturization and is required for them.

[0015] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, covers the super-wide angle field where the maximum field angle exceeds 100 degrees, and aims at offering the small and highly efficient super-wide angle zoom lens which has a comparatively large aperture ratio and a variable power ratio. Moreover, it excels in cost performance by the simple lens group configuration and configuration number of sheets, the super-wide angle field where the maximum field angle exceeds 100 degrees is covered, and it aims at offering the small and highly efficient internal-focusing zoom lens which has a comparatively large aperture ratio and a variable power ratio.

[0016]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem, in the 1st invention of this invention Sequentially from a body side, it has the 1st lens group G1 which has negative refractive power, and the 2nd lens group G2 which has positive refractive power. In a zoom lens which performs variable power by changing an air gap of said 1st lens group G1 and said 2nd lens group G2 said 1st lens group G1 The 1st lens component L11 which has negative refractive power as a whole sequentially from a body side including at least one aspheric lens. It has the 2nd lens component L12 which has negative refractive power, and the 3rd lens component L13 which has positive refractive power. distance (the amount of sags) which set height of a direction perpendicular to an optical axis to y, and met an optical axis from a tangential plane of top-most vertices of the aspheric surface in height y to the aspheric surface -- S (y) -- carrying out -- radius of curvature of criteria -- R -- carrying out -- a constant of the cone -- kappa -- carrying out -- the n-th aspheric surface coefficient -- Cn **, when carrying out The aspheric surface of said aspheric lens in said 1st lens component L11 is [Equation 2].

$S(y) = (y^2 / R) / \{1 + (1 - \kappa - y^2 / R^2)^{1/2}\}$

+ C3, $|y|3 + C4$, $y4 + C6$ and $y6 + C8$, and $y8 + C10$, $y10 + C12$, $y12 + C14$ and $y14 + C16$, $y16$ (a)

Said 3rd aspheric surface coefficient C [in / it is expressed by the ***** type and / this aspheric surface type (a)] 3 is - $7 \times 10^{-3} \leq C3 \leq -1 \times 10^{-6}$. (1)

The super-wide angle zoom lens characterized by satisfying ***** is offered.

[0017] Said constant of the cone [according to the desirable mode of the 1st invention] kappa in said aspheric surface type (a) is $-1 < \kappa < 1$. (2)

***** is satisfied. Moreover, said 1st lens component L11 in said 1st lens group G1 is $1.3 \leq |f_{asp}| / f_w \leq 4$, when it has an aspheric surface negative lens, the focal distance of said aspheric lens in said 1st lens component L11 is set to f_{asp} and the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge is set to f_w . (3)

It is desirable to satisfy *****.

[0018] The 1st lens group G1 which has negative refractive power sequentially from a body side by the 2nd invention of this invention on the other hand, In the zoom lens which performs variable power by having the 2nd lens group G2 which has positive refractive power, and changing the air gap of said 1st lens group G1 and said 2nd lens group G2 said 2nd lens group G2 -- the order from a body side -- the 2nd -- with lens group pre-group G2F The focus to the short-distance object point is performed by moving only lens group pre-group G2F in accordance with an optical axis. 2nd lens ***** G2R -- having -- said 2nd [the] -- said 1st lens group G1 The 1st lens component L11 which has negative refractive power sequentially from a body side, and the 2nd lens component L12 which has negative refractive power. It has the 3rd lens component L13 which has positive refractive power. Said 2nd lens ***** G2R The lens component LR 1 which has positive or negative refractive power in order from a body side the lens component LR 2 which has positive refractive power -- at least -- having -- said 2nd [the] -- the time of setting the focal distance of lens group pre-group G2F to $f2F$, and setting the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge to f_w -- $2.8 \leq f2F / f_w \leq 8$ (8)

The internal-focusing zoom lens characterized by satisfying ***** is offered.

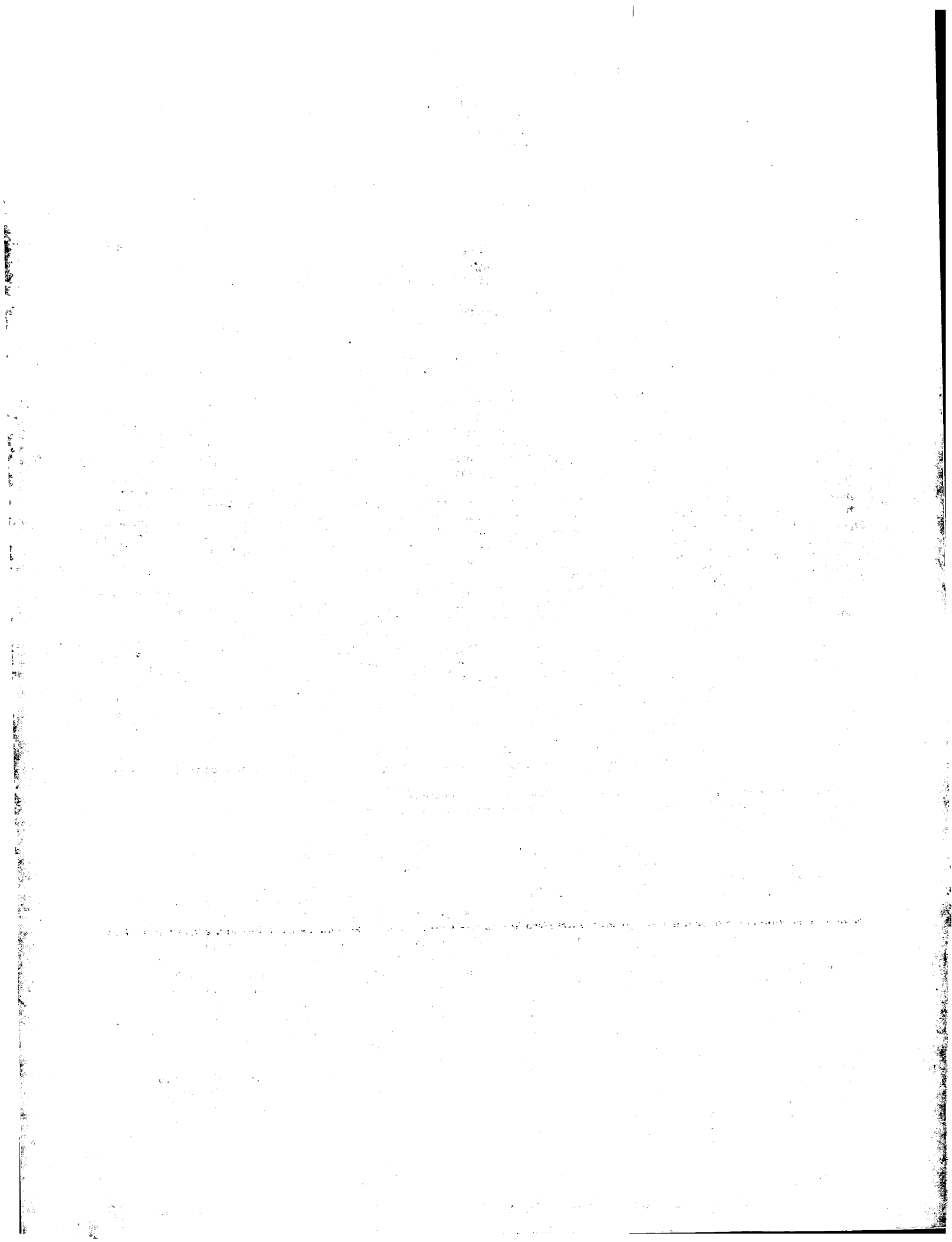
[0019] When according to the desirable mode of the 2nd invention the focal distance of said 1st lens group G1 is set to $f1$ and the focal distance of the 2nd lens group G2 in an infinite distance focus condition is set to $f2$, it is $0.1 \leq |f1| / f2 \leq 0.95$. (9)

***** is satisfied. Moreover, when the radius of curvature of the field by the side of the body of said 3rd lens component L13 in said 1st lens group G1 is set to r_b and the radius of curvature of the field by the side of the image of said 3rd lens component L13 is set to r_c $-0.5 \leq (r_c + r_b) / (r_c - r_b) \leq 1$ (10).

It is desirable to satisfy *****.

[0020]

[Embodiment of the Invention] First, the fundamental structure of the 1st invention is explained. In addition, in this specification,



a "lens component" is a large concept including the set of a single lens or a cemented lens. Therefore, one lens component is the same as one lens group in the largest concept. The 1st invention realizes wide-angle[super-]izing, a raise in variable power, and a miniaturization in the zoom lens type of 2 group configurations which have negative and positive refractive-power arrangement fundamentally, and is highly efficient and is characterized [greatest] by realizing a zoom lens with comparatively large aperture. As this class, in optical system with comparatively large aperture with a very large and field angle, especially a characteristic thing is that the spherical aberration by the side of distortion aberration, coma flare, and looking far is amended very good, and is the point that in addition this optical system is realized by negative and positive 2 group zoom lens. These features are because it is possible to make the aberration amendment effect which is not looked at by the conventional technology to the aspheric surface introduced into the 1st lens component L11 in the 1st lens group G1 of negative refractive power pay.

[0021] Here, the relation between the aspheric surface and aberration amendment, especially the relation between the aspheric surface coefficient of the oddth term and aberration amendment are explained. Generally, since optical system is formed in the symmetry of revolution, the aspheric surface is expressed by the sum of the series of the eventh term. However, in the 1st invention, the oddth term is introduced, the formula, i.e., the aspheric surface type, showing the aspheric surface, and the oddth term is more effectively utilized to aberration amendment. If the aspheric surface is considered in a meridional side, by the oddth term, the value of the amount X of sags changes with signs of the image quantity Y, and I can regard symmetry-of-revolution nature as not being materialized. However, in the rectangular coordinates (X, Y, Z) which set up the X-axis in accordance with the optical axis, if it thinks by $\rho = \sqrt{Y^2 + Z^2}$, a sign will be in agreement and symmetry-of-revolution nature will be materialized.

[0022] When a lens side (refracting interface) is the aspheric surface expressed with the eventh term of ρ , the amount X of sags of the aspheric surface is expressed with the following formula (b).

$$X = C_2 \rho^2 + C_4 \rho^4 + C_6 \rho^6 + \dots \quad (b)$$

Moreover, generally it is expressed with the following formula (c).

$$X = \rho^2 \text{ and } (1/2r) + C_4 \rho^4 + C_6 \rho^6 + \dots \quad (c)$$

[0023] Also in a spherical-surface system, also in the aspheric surface which has only the aspheric surface coefficient of the eventh term, although the formula showing a refracting interface is expressed only with the eventh term of ρ therefore, the 3rd aberration is generated. Therefore, when the aspheric surface type showing a refracting interface includes the oddth term, the eventh aberration which does not exist until now, such as secondary aberration and the 4th aberration, will occur. Moreover, it is a single curved surface, and if the case of the aspheric surface is assumed, spherical aberration just corresponds to an aspheric surface coefficient. Therefore, introducing the aspheric surface coefficient of the oddth term into an aspheric surface type is exactly just that the aberration amendment effect which is not acquired is acquired by the spherical-surface system.

[0024] Here, the 3rd term and the 5th *****, and the following aspheric surface type (d) are obtained by the aspheric surface type (c) which has only the aspheric surface coefficient of the eventh term.

[Equation 3]

$$X = \rho^2 \text{ and } (1/2r) + C_3 \rho^3 + C_4 \rho^4 + C_5 \rho^5 + C_6 \rho^6 + \dots \quad (d)$$

[0025] When it follows, for example, the secondary spherical aberration is derived, it comes to be shown in the following formulas (e).

[Equation 4]

$$\Delta Y_K' = \{3(nk' \text{ and } uk') \text{ and } -1\}$$

$$x(\sigma(i=1-k)(n_i \text{ </SUB>' - } n_i) C_3 i - h_i^3) xR^2 \quad (e)$$

It is here, and in ΔY , h shows the incidence high and R shows [the secondary spherical aberration] the entrance pupil radius for the 3rd aspheric surface coefficient [in / u / refractive index / n / for the angle with an optical axis to make / in $C_3 i$ / each side]. moreover, $\sigma(i=1-k) \rightarrow i=1$ from $\rightarrow i=k$ up to \rightarrow total is expressed.

[0026] Therefore, to the 3rd spherical aberration being proportional to the 4th power incidence high [h], and being proportional to the cube of the entrance pupil radius R, the secondary spherical aberration is proportional to a cube incidence high [h], and proportional to the square of the entrance pupil radius R. Therefore, by introducing the 3rd term (3rd aspheric surface coefficient), the aberration of a low degree which was not able to be amended until now can be amended, and, as a result, the further spec. rise and high performance-ization are attained. Naturally, it is the same about other aberration, such as distortion aberration and comatic aberration. When the above aspheric surfaces are introduced into the 1st lens component L11 in the 1st lens group G1 of the negative refractive power of a super-wide angle zoom lens like especially the 1st invention, the amendment capacity of the negative distortion aberration of a low degree by the side of a wide angle becomes high. therefore, although the inclination (differential value) to the image quantity of distortion aberration was large and was carrying out the so-called military hat configuration with the conventional technology, distortion aberration is markedly alike with installation of the 3rd term to an aspheric surface type, and it is improved.

[0027] Moreover, since the aberration of a low degree can be similarly amended more to fitness about comatic aberration and spherical aberration, the negative aberration of the incidence high comparatively low portion produced by enlarging aperture is amended good, and it becomes possible to make circle of least confusion small. It is especially a looking-far side, and is effective, and diameter-ization of macrostomia is attained. Moreover, in the 1st invention, since it is [the effect] larger for the angle of deviation α over the axial Yukimitsu Kamihira line by the side of looking far (land light) to introduce into a large lens side, it is desirable to introduce the above aspheric surfaces into the lens side which turned the concave surface to the image side.

[0028] Hereafter, the conditional expression of the 1st invention is explained. In the 1st invention, the aspheric surface of the aspheric lens in the 1st lens component L11 is expressed by the above-mentioned formula (a), and the following conditional expression (1) is satisfied.

$$-7 \times 10^{-3} \leq C_3 \leq -1 \times 10^{-6} \quad (1)$$

Here, it is C_3 . It is the 3rd aspheric surface coefficient in the formula (a) showing the aspheric surface of the aspheric lens in the 1st lens component L11.

[0029] Conditional expression (1) is conditional expression which specifies a suitable range about the 3rd aspheric surface coefficient in the formula (a) showing the aspheric surface introduced into the 1st lens component L11 in the 1st lens group G1 of negative refractive power. When expressed by the aspheric surface formula (a) as which the aspheric surface introduced into the 1st lens component L11 was specified by the 1st invention, in order to amend spherical aberration and comatic aberration for distortion aberration and comatic aberration to a wide angle side at fitness at a looking-far side, respectively, the suitable conditioning of the 3rd term is required as mentioned above.

[0030] Exceeding the upper limit of conditional expression (1) means that the absolute value component of the 3rd aspheric surface coefficient which has a negative value becomes small. If it exceeds this upper limit, the effect of each above aberration amendments will fade and it will become impossible therefore, to fully employ the effect of this invention efficiently. In addition,

if the upper limit of conditional expression (1) is set as -5×10^{-6} , better aberration amendment can be performed. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (1) is set as -1×10^{-5} .

[0031] On the other hand, that it is less than the lower limit of conditional expression (1) means that the absolute value component of the 3rd aspheric surface coefficient which has a negative value becomes very large. If less than this lower limit, especially, the spherical aberration of an incidence high comparatively low place will displace to a positive direction greatly under the effect of the secondary spherical aberration, the inclination (differential value) of spherical aberration will become large as a result, the so-called wave will become remarkable, and optical-character ability will fall. Moreover, as mentioned above, many aberration, such as comatic aberration and distortion aberration, also serves as excess of amendment, and a result to which an aberration amendment condition gets worse conversely is brought. In addition, if the lower limit of conditional expression (1) is set as -5×10^{-3} , better aberration amendment can be performed. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (1) is set as -1×10^{-3} .

[0032] Moreover, in the 1st invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (2).

$$-1 < \text{Kappa} < 1 \quad (2)$$

Here, kappa is a constant of the cone in the formula (a) showing the aspheric surface of the aspheric lens in the 1st lens component L11.

[0033] Conditional expression (2) is conditional expression which specifies a suitable range about the constant of the cone kappa in the formula (a) showing the aspheric surface introduced into the 1st lens component L11 in the 1st lens group G1. When expressed by the aspheric surface formula (a) as which the aspheric surface introduced into the 1st lens component L11 was specified by the 1st invention, still better aberration amendment is attained by utilizing the term of a constant of the cone kappa in addition to the 3rd term set as the suitable value. In the 1st invention, amendment of the distortion aberration by the side of a wide angle and amendment of comatic aberration are especially helped by setting up a constant of the cone kappa so that conditional expression (2) may be satisfied, and using the aspheric surface which used secondary curved surfaces other than the spherical surface as the base.

[0034] If it exceeds the upper limit of conditional expression (2), since a constant of the cone kappa becomes large too much, the configuration of a refracting interface will exceed the spherical surface, curvature will become the aspheric surface where curvature has elliptical [strong] by the periphery weakly near the optical axis and a bad influence will attain to reverse at amendment of the distortion aberration by the side of a wide angle, and **** of comatic aberration, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (2) is set as 0.8, still better aberration amendment will be attained. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (2) is set as 0.5.

[0035] On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (2), a constant of the cone kappa will become small too much, and will serve as the aspheric surface where the curvature of a circumference portion is remarkable and weak. Consequently, when introducing the aspheric surface into the negative lens comparatively located in a body side like the 1st invention, since the refractive power of a circumference portion becomes weaker, the incidence high of an oblique ray becomes high and a possibility that front **** will be enlarged becomes high, it is not desirable. In addition, the further miniaturization is realizable if the lower limit of conditional expression (2) is set as -0.8 . Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (2) is set as -0.5 .

[0036] Moreover, in the 1st invention, it is desirable for the 1st lens component L11 to have an aspheric surface negative lens, and to satisfy the following conditional expression (3).

$$1.3 \leq |\text{fasp}|/\text{fw} \leq 4 \quad (3)$$

Here, fasp is the focal distance of the aspheric surface negative lens in the 1st lens component L11. Moreover, fw is the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge.

[0037] Conditional expression (3) has specified the suitable range about the power (refractive power) of the aspheric surface negative lens in the 1st lens component L11. Since the aberration amendment effect by the aspheric surface will decrease if it means that the power of the aspheric surface negative lens in the 1st lens component L11 becomes small and exceeds this upper limit, it is not desirable to exceed the upper limit of conditional expression (3). Moreover, in order that the power of a negative lens located more in a body side may decrease, since front **** is enlarged, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (3) is set as 3.5, better aberration amendment and the further miniaturization are realizable. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (3) is set as 3.

[0038] On the other hand, since it will become difficult to manufacture an aspheric lens if the power of the aspheric surface negative lens in the 1st lens component L11 means becoming remarkably large and it is less than this lower limit that it is less than the lower limit of conditional expression (3), it is not desirable. Moreover, the eccentric permissible dose at the time of an assembly also becomes severe, and since producing commercially becomes difficult, it is not desirable. In addition, if the lower limit of conditional expression (3) is set as 1.4, a zoom lens with a still easier manufacture assembly is realizable. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (3) is set as 1.5.

[0039] In addition, in the 1st invention, since it is the material with which the resin of an aspheric surface portion cannot exist independently in optical system when using the so-called compound--die aspheric lens which consists of compound with a glass material and a resin material as an aspheric lens, naturally let the synthetic focal distance of the resin material section and the glass material section be the focal distance fasp of an aspheric lens.

[0040] Moreover, in the 1st invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (4).

$$0.8 \leq |f1|/(\text{fw}-\text{ft})^{1/2} \leq 1.5 \quad (4)$$

Here, f1 is the focal distance of the 1st lens group G1. Moreover, fw and ft are the focal distances of the zoom lens whole system in a wide angle edge and a tele edge, respectively.

[0041] Conditional expression (4) has specified the suitable range about the power of the 1st lens group G1. an overall length [in / when the value of this conditional expression (4) is 1 / a wide angle edge], and the overall length in a tele edge -- equal -- becoming -- a variable power region (zoom region) -- in a central focal distance condition, the image formation scale factor of the 2nd lens group G2 whole is exactly set to -1 (actual size). Since an overall length will become max, the power of the 1st lens group G1 will become weak in a wide angle edge, optical system is enlarged and filter size also becomes large, it is not [be / it / if / it exceeds the upper limit of conditional expression (4),] desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (4) is set as 1.4, it is advantageous because of the further minor-diameter-izing. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (4) is set as 1.3.

[0042] On the other hand, in a wide angle side, if less than the lower limit of conditional expression (4), since an overall length will become max in a tele edge and the power of the 1st lens group G1 will become strong, since it has a bad influence on amendment of distortion aberration and comatic aberration by the looking-far side at amendment of spherical aberration and comatic aberration, it is not desirable. In addition, aberration amendment will become easier if the lower limit of conditional expression (4) is set as 0.85. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (4) is set as 0.9.

[0043] Moreover, in the 1st invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (5).

$$0.1 \leq |f_1|/f_2 \leq 0.95 \quad (5)$$

Here, f_1 is the focal distance of the 1st lens group G1. Moreover, f_2 is the focal distance of the 2nd lens group G2 in an infinite distance focus condition.

[0044] Conditional expression (5) is the conditional expression for setting up suitable power balance between the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2. As mentioned above, the 1st invention proposes the optimal solution for a super-wide angle zoom lens. The suitable power balance of the 1st lens group G1 of negative refractive power and the 2nd lens group G2 of positive refractive power is required when setting up the whole good aberration balance and practical magnitude appropriately, and it is desirable to satisfy this conditional expression (5).

[0045] When it exceeds the upper limit of conditional expression (5), compared with the 2nd lens group G2, the 1st lens group G1 will consist of weak power. Therefore, since the 1st lens group G1 is enlarged, and front **** is enlarged so that use of a filter becomes difficult, it is not desirable. moreover, it mentions later -- as -- the 2nd lens group G2 -- the 2nd -- lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- dividing -- the 2nd -- the case where it focuses by moving lens group pre-group G2F -- the 2nd [required for the migration at the time of a focus] -- since it becomes impossible to fully secure the air gap of lens group pre-group G2F and it becomes impossible to obtain sufficient short-distance photography scale factor, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (5) is set as 0.85, it is possible to acquire the solution of practical magnitude. Moreover, if the upper limit of conditional expression (5) is preferably set as 0.8 and a pan 0.7, the effect of this invention can be demonstrated to the maximum extent.

[0046] On the other hand, when less than the lower limit of conditional expression (5), compared with the 2nd lens group G2, the 1st lens group G1 will consist of strong power. Therefore, in the case of the zoom lens which has a large field angle like the 1st invention, since amendment of the aberration over an oblique ray with a large field angle especially distortion aberration, and a curvature of field gets worse especially in a wide angle side, it is not desirable. Moreover, since the aberration fluctuation at the time of a focus gets worse, it is not desirable. In addition, if the lower limit of conditional expression (5) is set as 0.2, better aberration amendment is realizable. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (5) is set as 0.3.

[0047] Moreover, in the 1st invention, fluctuation of many aberration has realized few focus methods not only the improvement in the engine performance to the infinite distance object point but ranging from the infinite distance focus condition to a short-distance focus condition further. As for the 1st invention, it is most effective to apply to the zoom lens of a **** 2 group configuration. the 1st invention -- the 2nd lens group G2 -- the order from a body side -- the 2nd -- lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- this 2nd [the] -- it focuses by moving only lens group pre-group G2F. in order to enlarge aperture of the zoom lens whole system and to amend many aberration including spherical aberration good fundamentally -- the 2nd -- it is advantageous that lens group pre-group G2F have positive refractive power. moreover -- while setting up the ** TT SUBARU sum good, in order to mitigate fluctuation by the focus of axial overtone aberration and spherical aberration as much as possible -- the 2nd -- lens group pre-group G2F are mutually-independent -- it is desirable to have the cementation positive lens which has a positive lens and a negative lens the bottom, or consists of lamination of a positive lens and a negative lens.

[0048] Moreover, in the 1st invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (6).

$$0 < |\beta_w - M_t / \beta_t| < 1 \quad (6)$$

the 2nd [in / respectively / here / in betaw and betat / the infinite distance focus condition in a wide angle edge and a tele edge] -- it is the image formation scale factor of lens group pre-group G2F. Moreover, M_t is a photography scale factor in the maximum contiguity photography condition in a tele edge.

[0049] the 2nd whose conditional expression (6) is a focussing-lens group -- the suitable range is specified about the ratio of the image formation scale factor in the wide angle edge of lens group pre-group G2F, and the image formation scale factor in a tele edge. the 2nd -- in lens group pre-group G2F, by the wide angle edge and the tele edge, when an image formation scale factor contains infinity near the center of near and a variable power region, the absolute value of an image formation scale factor The difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F (focus movement magnitude) becomes min. the 2nd to the same photographic subject distance in each focal distance condition -- Since gap of a focusing point falls within the range of depth of field in the zoom lens under certain conditions, the cam for amending a focusing point becomes unnecessary and lens-barrel structure becomes easy, it becomes in cost and advantageous. This conditional expression (6) has the form where the photography scale factor M_t at the time of the shortest photography by the tele edge was further taken into consideration.

[0050] as when exceeding the upper limit of conditional expression (6) -- the 2nd in a wide angle edge -- the case where the image formation scale factor of lens group pre-group G2F becomes remarkably large, and the case where the photography scale factor of the whole system at the time of the shortest photography is remarkable, and large can be considered. first, the 2nd which is a focussing-lens group, for example in the case of the former -- the case where lens group pre-group G2F have positive power -- a value positive, in an image formation scale factor -- taking -- the 2nd of an axial Yukimitsu Kamihira line -- the angle of deviation when injecting lens group pre-group G2F covers the whole variable power region, and comes to emit. therefore, the 2nd to the same photographic subject distance in each focal distance condition -- since the difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F becomes remarkably large, it is not desirable. Moreover, since the aberration fluctuation at the time of a focus also increases, it is not desirable.

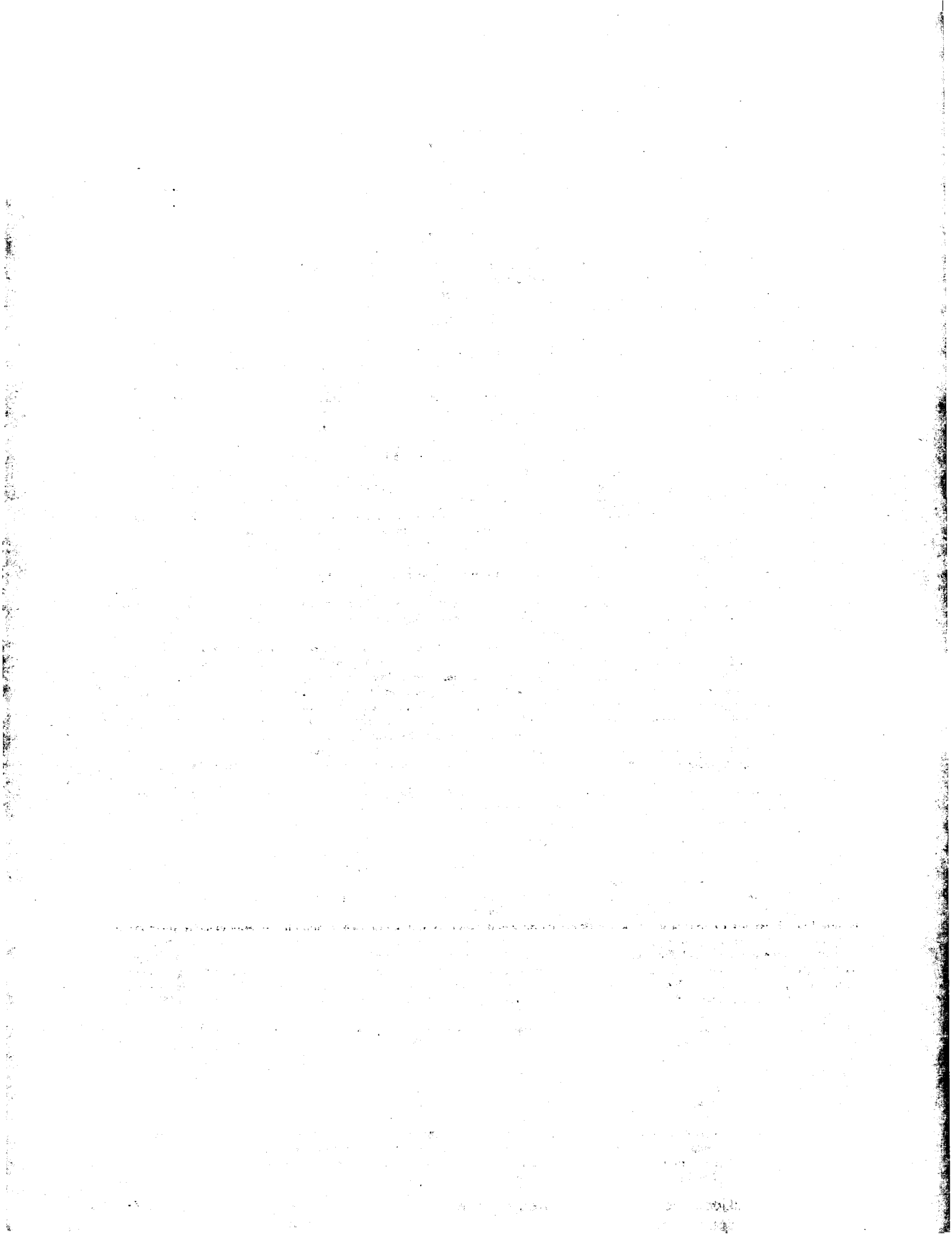
[0051] On the other hand, since in the case of the latter focus movement magnitude becomes large too much by this focusing point method and the whole lens system is enlarged, it is not desirable. moreover, the 2nd -- the 2nd to the same photographic subject distance in each focal distance condition even if it has satisfied the conditions above-mentioned [the image formation scale factor of lens group pre-group G2F] -- since the difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F becomes large, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (6) is set as 0.8, it is advantageous because of the further minor-diameter-izing. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (6) is set as 0.5 still more preferably 0.3.

[0052] Moreover, in the 1st invention, it is desirable to have the cemented lens L_n with which 2nd lens ***** G2R consists of lamination of a heavy-gage positive lens and the negative lens of thin meat, and to satisfy the following conditional expression (7).

$$0.58 < dp / fw < 3 \quad (7)$$

Here, dp is the main thickness of a heavy-gage positive lens. Moreover, fw is the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge, as mentioned above.

[0053] Conditional expression (7) has specified the suitable range about the main thickness (thickness in alignment with an optical axis) of the heavy-gage positive lens which constitutes the cemented lens L_n in 2nd lens ***** G2R. If it exceeds the upper limit of conditional expression (7), since the main thickness of the heavy-gage positive lens which constitutes a cemented lens L_n will become large too much and lens processing will become difficult, it is not desirable. Moreover, since the zoom lens whole system is enlarged and reservation of the amount of ambient light becomes difficult further, it is not desirable. In addition,



if the upper limit of conditional expression (7) is set as 2.5, lens processing can be performed more easily. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (7) is set as 2.

[0054] On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (7), since the main thickness of the heavy-gage positive lens which constitutes a cemented lens L_n becomes small too much and amendment of upper part comatic aberration and amendment of the spherical aberration in a tele edge get worse especially, it is not desirable. In addition, aberration amendment will become easier if the lower limit of conditional expression (7) is set as 1.05. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (7) is set as 1.1.

[0055] Next, the fundamental structure of the 2nd invention is explained. The 2nd invention is characterized [greatest] by having realized wide-angle[super-]izing, a raise in variable power, and a miniaturization in the zoom lens type of negative and 2 positive group configurations fundamentally, and realizing a focus method with little fluctuation of many aberration ranging from the infinite distance focus condition to a short-distance focus condition further. As for the 2nd invention, also from the semantics, it is most effective to apply to the zoom lens of a **** 2 group configuration.

[0056] The 1st lens group G1 has three lens components, negative, negative, and positive, L11-L13. This is a configuration required in order to secure the field angle (more than $2\omega=100$ degree) of a super-wide angle field, to miniaturize filter size as much as possible with a simple configuration and to stop distortion aberration and a curvature of field good. Especially, in the 1st lens group G1, existence of the lens component of negative refractive power is the required for a body side.

[0057] the 2nd lens group G2 -- the 2nd -- lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd -- it focuses by moving only lens group pre-group G2F. while enlarging aperture of the zoom lens whole system, in order to amend many aberration including spherical aberration good fundamentally -- the 2nd -- as for lens group pre-group G2F, it is advantageous to have positive refractive power. moreover -- while setting up the PETTSU bar sum good, in order to mitigate the fluctuation at the time of the focus of axial overtone aberration and spherical aberration as much as possible -- the 2nd -- lens group pre-group G2F are mutually-independent -- it is desirable to have the cementation positive lens which has a positive lens and a negative lens the bottom, or consists of lamination of a positive lens and a negative lens.

[0058] Moreover, 2nd lens ***** G2R needs a lens configuration indispensable for aberration amendment, in order to act as a master lens group in the so-called whole system. Therefore, 2nd lens ***** G2R has at least the lens component LR 1 and the lens component LR 2 which has positive refractive power, amends many aberration, such as spherical aberration, upper part comatic aberration, and distortion aberration, good by these lens components LR1 and LR2, and controls the aberration fluctuation at the time of a focus effectively. Moreover, it is desirable to constitute the lens component LR 1 from a cemented lens of a heavy-gage positive lens and a heavy-gage negative lens, and to perform good amendment of spherical aberration and distortion aberration according to an operation of this heavy-gage positive lens. Moreover, while setting up the PETTSU bar sum still better by the configuration which joins a heavy-gage positive lens and a heavy-gage negative lens in the lens component LR 1, still better amendment of axial overtone aberration and spherical aberration is possible.

[0059] Furthermore, the configuration which contains preferably the cementation positive lens with which the lens component LR 2 consists of lamination of a negative lens and a positive lens enables it to perform amendment of upper part comatic aberration and the chromatic aberration of magnification good. Moreover, if the aspheric surface is introduced into the negative lens components L11 or L12 in the 1st lens group G1, it is advantageous to amending the distortion aberration of a high field angle portion good, and miniaturizing a front ball system especially. In this case, if the aspheric surface is introduced into the concave surface side of the negative lens components L11 or L12, since amendment of the spherical aberration by the side of looking far and lower part comatic aberration will also be attained, it is desirable. Moreover, since the configuration in which the 1st lens group G1 contains one cementation negative lens enables it to amend the chromatic aberration of magnification good while setting up the PETTSU bar sum good, it is desirable.

[0060] Hereafter, the conditional expression of the 2nd invention is explained. The following conditional expression (8) is satisfied in the 2nd invention.

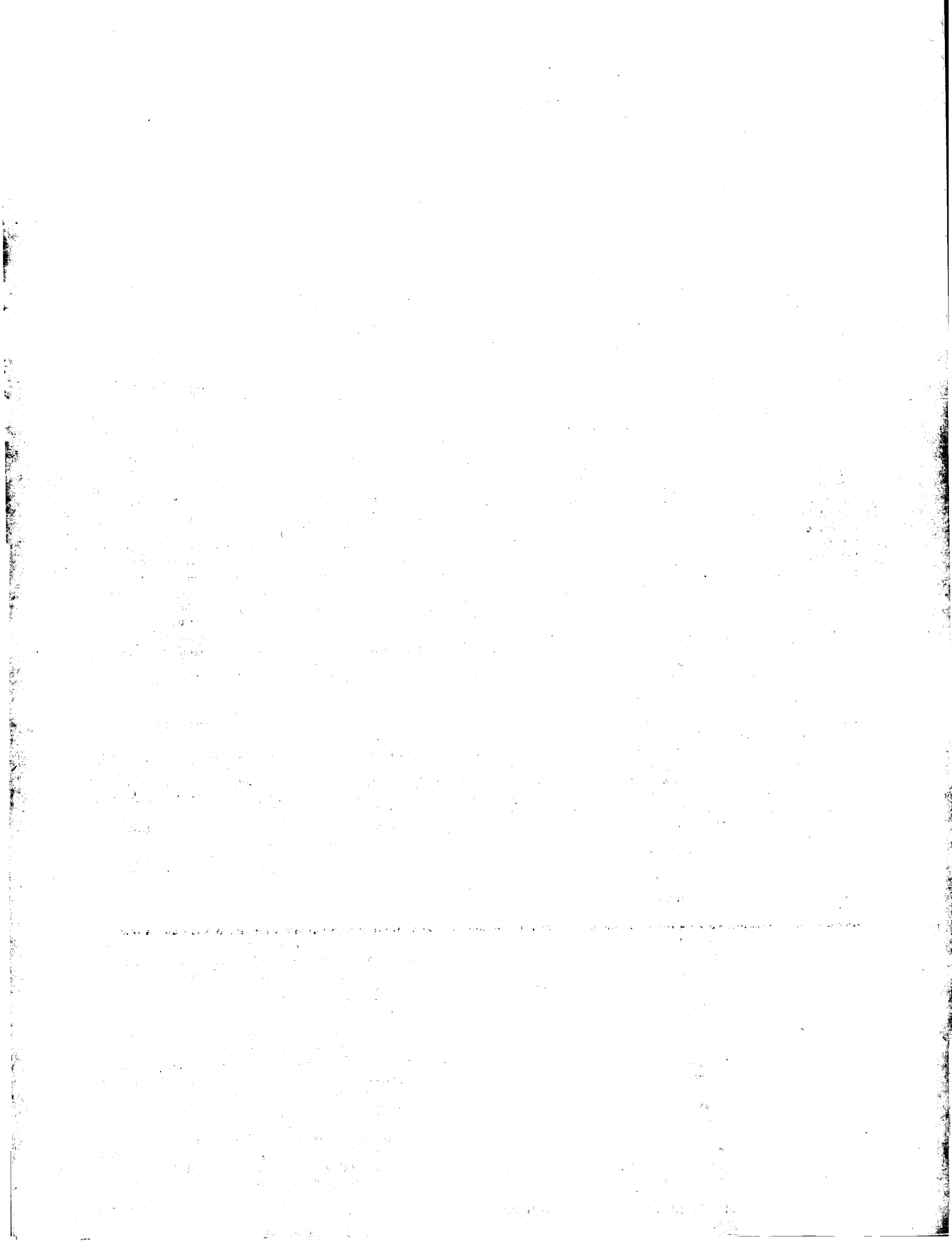
$$2.8 \leq f_2F/f_w \leq 8 \quad (8)$$

here -- f_2F -- the 2nd -- it is the focal distance of lens group pre-group G2F. Moreover, f_w is the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge.

[0061] conditional expression (8) -- the 2nd -- the suitable range is specified about the focal distance of lens group pre-group G2F. the 2nd -- lens group pre-group G2F are the only lens group which moves on the occasion of a focus among the whole systems, and, in the case of the zoom lens which has a large field angle which is covered to a super-wide angle field like the 2nd invention, the focal distance (or power) of this focussing-lens group serves as an important factor which opts for the aberration fluctuation at the time of a focus etc.

[0062] exceeding the upper limit of conditional expression (8) -- the 2nd -- if it means that the focal distance of lens group pre-group G2F becomes large, and the power of a focussing-lens group becomes small and exceeds this upper limit, focus movement magnitude will also increase, and reservation of a gap with 2nd lens ***** 2R and a gap with the 1st lens group G1 will become difficult. case [moreover,] the power of the 1st lens group G1 is comparatively strong and eternal -- the 2nd -- if the focal distance which is lens group pre-group G2F becomes large -- the 2nd -- when lens group pre-group G2F are a positive lens group, the image formation scale factor serves as a positive value, by the wide angle side, is a looking-far side greatly and becomes small. for this reason, the 2nd of an axial Yukimitsu Kamihira line -- the whole variable power region is covered and it comes to emit, and the angle of deviation when injecting lens group pre-group G2F is especially a looking-far side, and comes to emit greatly. therefore, the 2nd to the same photographic subject distance in each focal distance condition -- the difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F (focus movement magnitude) will become remarkably large. Moreover, the aberration fluctuation at the time of a focus also increases, and a curvature of field will come to change to a positive direction remarkably especially at the time of a short-distance focus. In addition, if the upper limit of conditional expression (8) is set as 7, better aberration amendment and more suitable focus movement magnitude can be set up. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (8) is set as 6.5.

[0063] being less than the lower limit of conditional expression (8) on the other hand -- the 2nd -- it means that the focal distance of lens group pre-group G2F becomes small, and the power of a focussing-lens group becomes large. case [therefore,] the power of the 1st lens group G1 is comparatively strong and eternal -- the 2nd -- if the focal distance which is lens group pre-group G2F becomes small -- the 2nd -- when lens group pre-group G2F are a positive lens group, it becomes a negative value, and by the wide angle side, the image formation scale factor is a looking-far side greatly, and becomes small. for this reason, the 2nd of an axial Yukimitsu Kamihira line -- the angle of deviation when injecting lens group pre-group G2F covers the whole variable power region, comes to converge, and comes to converge greatly especially by the wide angle side. therefore, the 2nd to the same photographic subject distance [in / like / when less than the lower limit of conditional expression (8) / the case where it exceeds the upper limit of conditional expression (8) / each focal distance condition] -- the difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F will become remarkably large. Moreover, the aberration fluctuation at the time of a focus also increases, a curvature of field changes to a negative direction remarkably especially at



the time of a short-distance focus, and the spherical aberration by the side of looking far will also come to get worse to a positive direction further. In addition, if the lower limit of conditional expression (8) is set as 3.05, better aberration amendment and more suitable focus movement magnitude can be set up. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (8) is set as 3.26.

[0064] Moreover, in the 2nd invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (9).

$$0.1 \leq |f_1|/f_2 \leq 0.95 \quad (9)$$

Here, f_1 is the focal distance of the 1st lens group G1. Moreover, f_2 is the focal distance of the 2nd lens group G2 in an infinite distance focus condition.

[0065] Conditional expression (9) is the conditional expression for setting up the suitable power balance of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2. The 2nd invention proposes the optimal solution for a super-wide angle zoom lens, the suitable power balance of the 1st lens group G1 of negative refractive power and the 2nd lens group G2 of positive refractive power is required when setting up the whole good aberration balance and practical magnitude appropriately, and it is desirable to satisfy this conditional expression (9) as mentioned above.

[0066] When it exceeds the upper limit of conditional expression (9), compared with the 2nd lens group G2, the 1st lens group G1 will consist of weak power. Consequently, since the 1st lens group G1 is enlarged, and front **** enlarges it so that use of a filter becomes difficult, it is not desirable. moreover, the 2nd [required for the migration at the time of a focus] — since it becomes impossible to fully secure the air gap of lens group pre-group G2F and it becomes impossible to obtain sufficient short-distance photography scale factor, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (9) is set as 0.85, it is possible to acquire the solution of more practical magnitude. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (9) is set as 0.8.

[0067] On the other hand, when less than the lower limit of conditional expression (9), compared with the 2nd lens group G2, the 1st lens group G1 will consist of strong power. Consequently, in the case of the zoom lens which has a large field angle like the 2nd invention, since amendment of the aberration over an oblique ray especially with the large field angle by the side of a wide angle especially distortion aberration, and a curvature of field becomes difficult, it is not desirable. Moreover, since the aberration fluctuation at the time of a focus gets worse, it is not desirable. In addition, if the lower limit of conditional expression (9) is set as 0.2, better aberration amendment is realizable. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (9) is set as 0.3.

[0068] Moreover, in the 2nd invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (10).

$$-0.5 \leq (rc+rb)/(rc-rb) \leq 1 \quad (10)$$

Here, rb is the radius of curvature of the field by the side of the body of the 3rd lens component L13, and rc is the radius of curvature of the field by the side of the image of the 3rd lens component L13.

[0069] Conditional expression (10) has specified the suitable range about the form factor (q factor) of the 3rd lens component L13 which is a positive lens component in the 1st lens group G1. Exceeding the upper limit of conditional expression (10) means that the configuration of the 3rd lens component L13 turns into the positive meniscus lens configuration where the convex of curvature strong against a body side was turned. By the conventional focus method which focuses by letting out the 1st lens group G1, although fluctuation of short-distance fluctuation especially lower part comatic aberration, and a curvature of field is suppressed, the above-mentioned lens configuration was effective. However, when it was the zoom lens which the 1st lens group G1 does not move on the occasion of a focus like the 2nd invention, it became possible to make it the lens configuration which can attain bigger aperture while amending the lower part comatic aberration by the side of a wide angle, and a curvature of field and the spherical aberration by the side of looking far good rather instead of a lens configuration advantageous to controlling these aberration fluctuation.

[0070] Since the lower part comatic aberration by the side of a wide angle, and a curvature of field and the spherical aberration by the side of looking far are amended good and it becomes impossible to attain bigger aperture when it exceeds the upper limit of conditional expression (10), it is not desirable. moreover, the circumference portion of the 3rd lens component L13 and the 2nd — since lens group pre-group 2F interfere mechanically at the time of a focus and it becomes impossible to obtain short-distance photography scale factor sufficient as a result, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (10) is set as 0.9, better aberration amendment is realizable. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (10) is set as 0.85.

[0071] On the other hand, that it is less than the lower limit of conditional expression (10) means that the configuration of the 3rd lens component L13 turns into the biconvex lens configuration where the convex of strong curvature was turned by the image side. Since the angle of refraction of the light in the field by the side of the image of the 3rd lens component L13 becomes remarkably strong in this lens configuration, the yield of high order aberration increases and the lower part comatic aberration by the side of a wide angle, the spherical aberration by the side of a curvature of field and looking far, lower part comatic aberration, etc. get worse especially, it is not desirable. In addition, if the lower limit of conditional expression (10) is set as -0.3, better aberration amendment is realizable. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (10) is set as 0.

[0072] Moreover, in the 2nd invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (11).

$$0 < |\beta_w - M_t / \beta_t| < 1 \quad (11)$$

the 2nd [in / respectively / here / in β_w and β_t / the infinite distance focus condition in a wide angle edge and a tele edge] — it is the image formation scale factor of lens group pre-group G2F. Moreover, M_t is a photography scale factor in the maximum contiguity photography condition in a tele edge.

[0073] the 2nd whose conditional expression (11) is a focussing-lens group — the suitable range is specified about the ratio of the image formation scale factor in the wide angle edge of lens group pre-group G2F, and the image formation scale factor in a tele edge. Although explanation of conditional expression (8) also made reference When an image formation scale factor contains [the absolute value of an image formation scale factor] infinity near the center of near and a variable power region by the wide angle edge and the tele edge, The difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F (focus movement magnitude) becomes min. the 2nd to the same photographic subject distance in each focal distance condition — Since gap of a focusing point falls within the range of depth of field in the zoom lens under certain conditions, the cam for amending a focusing point becomes unnecessary and lens-barrel structure becomes easy, it becomes in cost and advantageous. This conditional expression (11) has the form where the photography scale factor M_t at the time of the shortest photography by the tele edge was further taken into consideration.

[0074] as when exceeding the upper limit of conditional expression (11) — the 2nd in a wide angle edge — the case where the image formation scale factor of lens group pre-group G2F becomes remarkably large, and the case where the photography scale factor of the whole system at the time of the shortest photography is remarkable, and large can be considered. first, the 2nd which is a focussing-lens group, for example in the case of the former — the case where lens group pre-group G2F have positive power — a value positive, in an image formation scale factor — taking — the 2nd of an axial Yukimitsu Kamihira line —

the angle of deviation when injecting lens group pre-group G2F covers the whole variable power region, and comes to emit. therefore, the 2nd to the same photographic subject distance in each focal distance condition -- since the difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F becomes remarkably large, it is not desirable. Moreover, since the aberration fluctuation at the time of a focus also increases, it is not desirable.

[0075] On the other hand, since in the case of the latter focus movement magnitude becomes large too much by this focusing point method and the whole lens system is enlarged, it is not desirable. moreover, the 2nd -- the 2nd to the same photographic subject distance in each focal distance condition even if it has satisfied the conditions above-mentioned [the image formation scale factor of lens group pre-group G2F] -- since the difference of the amount of deliveries of lens group pre-group G2F becomes large, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (11) is set as 0.9, it is advantageous because of the further minor-diameter-izing. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (11) is set as 0.8.

[0076] Moreover, in the 2nd invention, it is desirable to satisfy the following conditional expression (12).

$$0.8 < r_a / r_b < 3 \quad (12)$$

Here, r_a is the radius of curvature of the field by the side of the image of the 2nd lens component L12. Moreover, r_b is the radius of curvature of the field by the side of the body of the 3rd lens component L13, as mentioned above.

[0077] Conditional expression (12) is the conditional expression about the configuration of the air lens formed between the 2nd lens component L12 in the 1st lens group G1, and the 3rd lens component L13. Both the things for which the value of this conditional expression (12) takes a positive value mean that the field by the side of the body of an air lens (namely, field by the side of the image of the 2nd lens component L12) and the field by the side of an image (namely, field by the side of the body of the 3rd lens component L13) have turned the convex to a body side. If it exceeds the upper limit of conditional expression (12), since the radius of curvature of the field by the side of the image of the 2nd lens component L12 will become remarkably large compared with the radius of curvature of the field by the side of the body of the 3rd lens component L13, the configuration of the air lens formed between them turns into a negative lens configuration. Consequently, since the effect which the amendment effect of many aberration with this air lens decreases, and makes front **** small also fades, it is not desirable. In addition, it is a book when the upper limit of conditional expression (12) is set as 2.5.

[0078] On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (12), since the radius of curvature of the field by the side of the image of the 2nd lens component L12 will become remarkably small compared with the radius of curvature of the field by the side of the body of the 3rd lens component L13, the configuration of the air lens formed between them turns into a positive lens configuration. Therefore, while it has the effect which can express it as what has negative power as an air lens, and makes front **** small, since a remarkable positive meniscus configuration becomes the cause of generating high order aberration, it is not desirable. In the 2nd invention, it is desirable for the configuration of an air lens to turn into a **** negative lens configuration. In addition, it is a book when the lower limit of conditional expression (12) is set as 0.9 still more preferably 1.

[0079] Moreover, as for the lens component LR 1 in 2nd lens ***** G2R, in the 2nd invention, it is more desirable than a heavy-gage positive lens and the positive lens of this thickness meat to consist of negative lenses of thin meat and to satisfy the following conditional expression (13).

$$0.58 < dp / fw < 3 \quad (13)$$

Here, dp is the main thickness of a heavy-gage positive lens. Moreover, fw is the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge, as mentioned above.

[0080] Conditional expression (13) has specified the suitable range about the main thickness (thickness in alignment with an optical axis) of the heavy-gage positive lens which constitutes the lens component LR 1 in 2nd lens ***** G2R. If it exceeds the upper limit of conditional expression (13), since the main thickness of the heavy-gage positive lens which constitutes the lens component LR 1 will become large too much and lens processing will become difficult, it is not desirable. Moreover, since the zoom lens whole system is enlarged and reservation of the amount of ambient light becomes difficult further, it is not desirable. In addition, if the upper limit of conditional expression (13) is set as 2.5, lens processing can be performed more easily. Moreover, it is a book when the upper limit of conditional expression (13) is set as 2.

[0081] On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (13), since the main thickness of the heavy-gage positive lens which constitutes the lens component LR 1 becomes small too much and amendment of amendment of upper part comatic aberration, the distortion aberration of a wide angle edge, and the spherical aberration of a tele edge gets worse especially, it is not desirable. In addition, aberration amendment will become easier if the lower limit of conditional expression (13) is set as 0.65. Moreover, it is a book when the lower limit of conditional expression (13) is set as 0.75.

[0082] moreover, the case of the zoom lens of the negative precedence mold which focuses like this invention (the 1st invention and the 2nd invention) by the lens component by the side of the body in the 2nd lens group G2 (pre-group G2F) -- the 2nd -- the body side of lens group pre-group G2F -- or it is desirable to install an aperture diaphragm in an image side. in this case, the time of a focus -- an aperture diaphragm -- the 2nd -- if it is made to move in one with lens group pre-group G2F, the chief ray piece at the time of a short-distance object point focus is mitigable. moreover, an aperture diaphragm is linked with 2nd lens ***** G2R -- making -- the time of a focus -- the 2nd -- if only lens group pre-group G2F are moved, it will become advantageous on lens-barrel layout. the case of this invention -- the time of a focus -- an aperture diaphragm -- the 2nd -- without you may make it move in one with lens group pre-group G2F and it moves an aperture diaphragm at the time of a focus -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F may be moved.

[0083] Moreover, in this invention, at least one cementation negative lens which consists of lamination of a negative lens and a positive lens is contained in the 1st lens component L11 or the 2nd lens component L12, and the refractive index of a negative lens is larger than the refractive index of a positive lens in this cementation negative lens, and it is desirable that the Abbe number of a negative lens is smaller than the Abbe number of a positive lens. By this configuration, control of the ** TTSUBARU sum becomes advantageous and the further wide-angle-izing and high performance-ization are attained.

[0084]

[Example] Hereafter, each example of this invention is explained based on an accompanying drawing. First, the super-wide angle zoom lens concerning each example of the 1st invention consists of a 1st lens group G1 which has negative refractive power, and a 2nd lens group G2 which has positive refractive power sequentially from the body side. And the 1st lens group G1 consists of a 1st lens component L11 which has negative refractive power as a whole including one aspheric lens, a 2nd lens component L12 which has negative refractive power, and a 3rd lens component L13 which has positive refractive power sequentially from the body side. on the other hand -- the 2nd lens group G2 -- the order from a body side -- the 2nd -- it consists of lens group pre-group G2F and 2nd lens *****G2R. In addition, 2nd lens ***** G2R contains the cemented lens Ln which consists of lamination of a heavy-gage positive lens and a heavy-gage negative lens.

[0085] the distance (the amount of sags) which the aspheric surface set the height of a direction perpendicular to an optical axis to y , and met the optical axis from the tangential plane of the top-most vertices of the aspheric surface in height y to the

aspheric surface in each example of the 1st invention -- S (y) -- carrying out -- the radius of curvature (top-most-vertices radius of curvature) of criteria -- R -- carrying out -- a constant of the cone -- kappa -- carrying out -- the n-th aspheric surface coefficient -- Cn ** -- it is expressed with the following formulas (a) when it carries out.

[Equation 5]

$$S(y) = (y^2 / R) / [1 + (1 - \kappa - y^2 / R^2)^{1/2}]$$

+ C3, $y^3 + C4$, $y^4 + C6$ and $y^6 + C8$, and $y^8 + C10$, $y^{10} + C12$, $y^{12} + C14$ and $y^{14} + C16$, y16 (a)

In addition, an aspheric surface type (a) is the secondary aspheric surface coefficient C 2. Since it does not contain, in each example of the 1st invention, the top-most-vertices radius of curvature and paraxial radius of curvature of the aspheric surface are in agreement. Hereafter, in each example, * mark is given to the aspheric surface on the right-hand side of the field number.

[0086] The [1st example] Drawing 1 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 1st example of the 1st invention. In the super-wide angle zoom lens of drawing 1, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of a compound--die negative meniscus aspheric lens which consists of compound with the glass material and resin material with which the convex was turned to the body side, and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface sequentially from the body side, and a negative meniscus lens which turned the convex to the body side. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which become order from the lamination of a biconvex lens and a biconcave lens from the body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.

[0087] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side. Furthermore, back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation negative lens Ln which consists of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side, a cementation positive lens which consists of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side, and a biconvex lens.

[0088] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 1 shows the lens arrangement in a wide angle edge. On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.

[0089] The value of the item of the 1st example is hung up over the following table (1). a table (1) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. In addition, it means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0090]

[A table 1]

An f= 17.5 - 34mmFNO=3.62 omega= 104.7 degrees - 65.5-degree side number r d nu n 1 52.1292 2.0000 45.37 1.796681 2 23.0000 0.1000 56.34 1.495210 3* 16.3744 7.8000 4 53.7499 1.8000 43.35 1.8404215 19.9462 7.6000 6 612.7631 7.8000 48.97 1.531721 7-28.27102.0000 43.35 1.840421 8 108.4625 0.1000 950.0061 6.2000 28.19 1.740000 10 -60.8299 (d10= adjustable) 11 34.9315 1.3000 45.37 1.796681 12 22.7584 5.5000 64.10 1.516800 13-144.7558 (d13= adjustable) 14 infinity 0.8000 (aperture-diaphragm S) 15 29.3537 22.0000 58.90 1.518230 16 -23.6335 1.3000 37.35 1.834000 17 63.0089 1.0000 18 357.4853 1.3000 40.90 1.796310 19 22.2076 6.0000 70.41 1.487490 20 -26.1638 0.1000 21 87.65815.0000 70.41 1.487490 22 -64.8462 (d22= adjustable) 23 infinity 38.84505 (fixed drawing SF)

(Aspheric surface data)

kappa C3 C4 3 page 0.0973 - 0.10721x10-4 4.16260x10-6 C6 C8 C10 - 2.05780x10-8 2.90830x10-12 8.55130x10-15 C12 C14 C16 -0.17926x10-15 0.14299x10-18 0.20722x10-21 (variable spacing in an infinite distance focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge f 17.50000 24.00000 34.00000D0 infinity infinity infinityd10 32.39654 14.76205 0.79807d13

3.76238 3.76238 3.76238d22 0.11761 10.27740 25.90786 (variable spacing in a point-blank range focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.05990 -0.09259 -0.13128 D0 261.4690 231.5463 233.3583d10 35.23654 17.60205

3.63807d13 0.92238 0.92238d22 0.11761 10.27740 25.90786 (value corresponding to conditional expression)

(1) C3 = -0.10721x10-4 (2) kappa=0.0973(3) |fasp|/fw=2.091(4) |f1|/(fw-ft)1/2 =1.107(5) |f1|/f2=0.6398(6) |beta w-Mt/beta

t|=-0.04636(7) dp/fw=1.257[0091 --] Drawing 2 - drawing 5 are many aberration drawings of the 1st example. That is, drawing 2 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing 3 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 4 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 5 / the point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity, respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

[0092] When aberration drawing of drawing 2 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 3 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 4 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 5 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 1st example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0093] The [2nd example] Drawing 6 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 2nd example of the 1st invention. In the super-wide angle zoom lens of drawing 6, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of a compound--die negative meniscus

aspheric lens which consists of compound with the glass material and resin material with which the convex was turned to the body side, and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface sequentially from the body side, and a negative meniscus lens which turned the convex to the body side. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which become order from the lamination of a biconvex lens and a biconcave lens from the body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.

[0094] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side.

Furthermore, back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation negative lens Ln which consists of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side, a cementation positive lens which consists of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side, and a cementation positive lens which consists of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side.

[0095] in addition, the 2nd -- lens group pre-group G2F -- aperture-diaphragm S is arranged immediately at a body side, and this aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power. Drawing 6 shows the lens arrangement in a wide angle edge. On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover, the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- facing -- aperture-diaphragm S and the 2nd -- lens group pre-group G2F move to an image side in one.

[0096] The value of the item of the 2nd example is hung up over the following table (2). a table (2) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- Bf -- a back focus -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. In addition, it means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0097]

[A table 2]

An f= 16.5 - 34mmFNO=4.12 omega= 107.8 degrees - 65.4-degree side number r d nu n 1 49.6189 2.0000 43.35 1.840421 2 29.0000 0.7000 56.34 1.495210 3* 18.2268 6.0000 4 49.7685 1.8000 43.35 1.840421 5 18.4687 10.0000 6 219.8574 8.500045.87 1.548139 7-23.70942.0000 43.35 1.840421 8 48.2556 0.5000 940.7751 5.6000 28.56 1.795040 10 -65.3221 (d10= adjustable) 11 infinity 0.8000 (aperture-diaphragm S) 12 30.3578 1.3000 45.37 1.796681 13 19.0869 4.5000 60.23 1.518350 14 -228.3171 (d14= adjustable) 15 31.7994 22.0000 58.90 1.518230 16 -25.8948 1.3000 37.35 1.834000 17 43.1480 1.8000 18 185.7849 1.3000 40.90 1.796310 19 30.5184 6.6000 70.41 1.487490 20 -25.2224 0.1000 21 47.7938 1.5000 55.60 1.696800 22 39.5066 5.0000 70.41 1.487490 23 -140.7105 (Bf) (aspheric surface data)

kappa C3 C4 3 page 0.0491 - 0.48297X10-4 1.47710X10-8 C6 C8 C10 - 3.22780X10-8 9.50150X10-12 2.94290X10-14 C12 C14 C16 -0.13323X10-15 0.34340X10-18 -0.26904X10-21 (variable spacing in an infinite distance focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge f 16.50000 24.00000 34.00000D0 infinity infinity d10 36.03441 15.21221 1.73902d14 6.13238 6.13238 6.13238Bf 40.03787 53.23081 70.82141 (variable spacing in a point-blank range focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.06683 -0.10895 -0.15095 D0 211.1659 187.4673 194.1299d10 38.87441 18.05221 4.57902d14 3.29238 3.29238 3.29238 Bf 40.06219 53.29566 70.94586 (value corresponding to conditional expression)

(1) C3 = -0.48297x10-4(2) kappa=0.0491(3) |fasp|/fw=2.841(4) |f1|/(fw-ft)=1.056(5) |f1|/f2=0.5685(6) |beta w-Mt/beta t|=0.08408(7) dp/fw=1.333[0098 --] Drawing 7 - drawing 10 are many aberration drawings of the 2nd example. That is, drawing 7 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing 8 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 9 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 10 / the point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity, respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

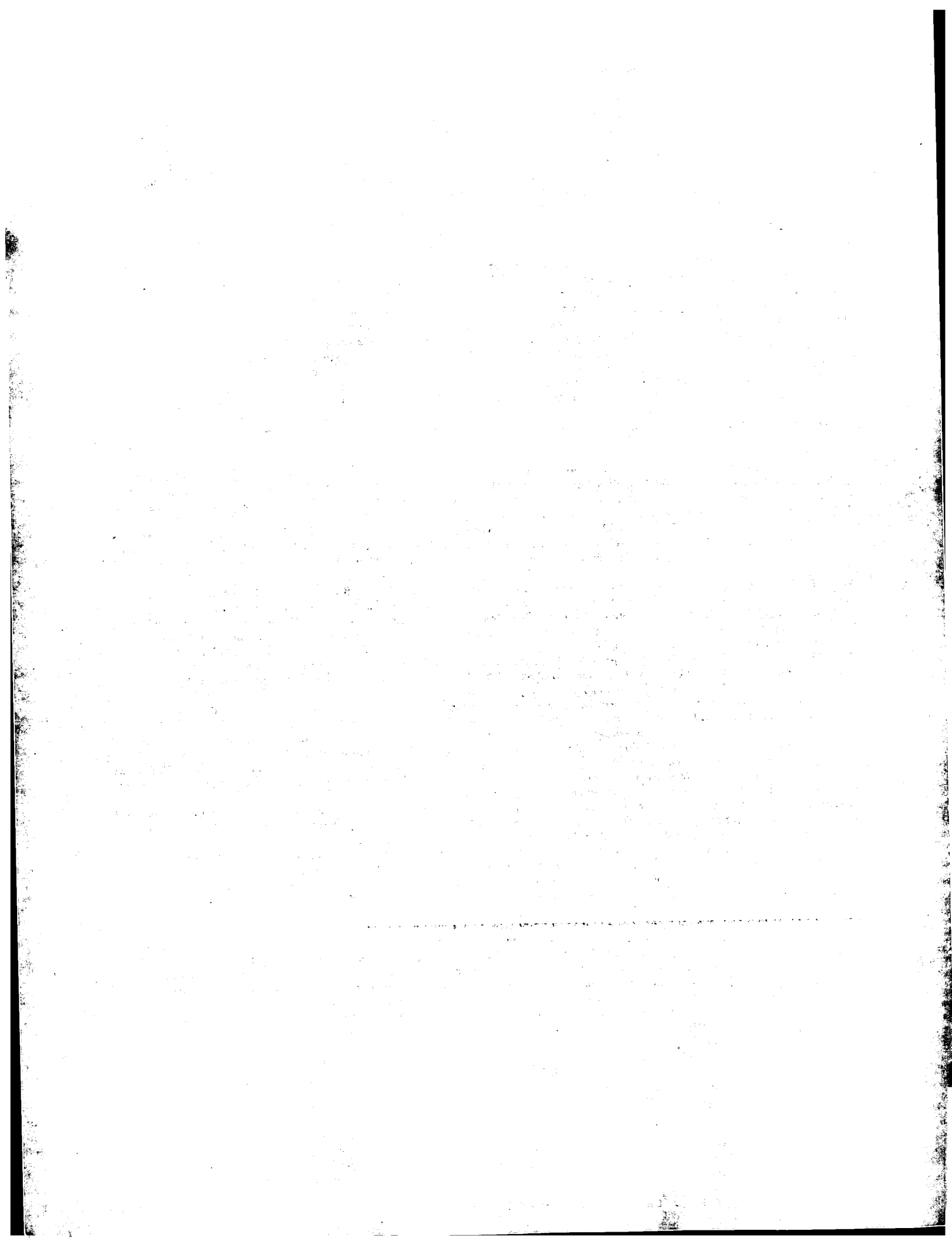
[0099] When aberration drawing of drawing 7 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 8 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 9 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 10 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 2nd example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0100] The [3rd example] Drawing 11 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 3rd example of the 1st invention. In the super-wide angle zoom lens of drawing 11, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of a compound-die negative meniscus aspheric lens which consists of compound with the glass material and resin material with which the convex was turned to the body side, and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface sequentially from the body side, and a negative meniscus lens which turned the convex to the body side. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which become order from the lamination of a biconvex lens and a biconcave lens from the body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.

[0101] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side.

Furthermore, back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation negative lens Ln which consists of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side, a cementation positive lens which consists of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side, and a biconvex lens.

[0102] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 11 shows the lens arrangement in a wide angle edge.



On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.

[0103] The value of the item of the 3rd example is hung up over the following table (3). a table (3) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. In addition, it means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0104]

[A table 3]

An f=16.5-34mmFNO=4.2 - 4.352 omega= 107.8 degrees - 65.3-degree side number r d nu n 1 64.3591 2.0000 43.35 1.840421 2 30.0000 0.7000 56.34 1.495210 3* 17.6777 7.5000 4 49.7685 1.8000 43.35 1.840421 518.4687 9.0000 6 186.8243 8.5000 45.87 1.548139 7-24.27552.0000 43.35 1.840421 8 59.3358 0.1403 943.3205 6.6000 28.56 1.795040 10 -62.9967 (d10= adjustable) 11 32.0567 1.3000 45.37 1.796681 12 21.5583 4.5000 60.23 1.518350 13 -256.6223 (d13= adjustable) 14 infinity 0.8000 (aperture-diaphragm S) 15 29.7054 22.0000 58.90 1.518230 16 -19.1979 1.3000 37.35 1.834000 17 56.5490 1.0000 18 122.0340 1.3000 40.90 1.796310 19 23.9641 6.5000 70.41 1.487490 20 -23.3292 0.1000 21 204.1315 3.0000 70.41 1.487490 22 -63.5196 (d22= adjustable) 23 infinity 41.53110 (fixed drawing SF) (Aspheric surface data)

kappa C3 C4 3 page -0.0495 - 0.10797X10-4 -2.23840X10-6 C6 C8 C10 - 3.04900X10-8 1.49380x10-11 2.79930x10-14 C12 C14 C16 -0.15170x10-15 0.37678x10-18 -0.29797x10-21 (variable spacing in an infinite distance focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge f 16.50000 24.00000 34.00000D0 infinity infinity infinity d10 33.71230 13.73018 0.80057d13

3.20291 3.20291 3.20291d22 -0.38609 12.27458 29.15547 (variable spacing in a point-blank range focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.06672 -0.10882 -0.15190 D0 217.9942 194.0646 198.9631d10 36.55230 16.57018

3.64057d13 0.36291 0.36291 0.36291d22 -0.38609 12.27458 29.15547 (value corresponding to conditional expression)

(1) C3 = -0.10797x10-4(2) kappa = -0.0495(3) |fasp|/fw=2.342(4) |f1|/(fw-ft)1/2 = 1.056(5) |f1|/f2=0.5924(6) |beta w-Mc/beta t|=0.07345(7) dp/fw=1.333[0105 --] Drawing 12 - drawing 15 are many aberration drawings of the 3rd example. That is, drawing 12 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing 13 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 14 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 15 / the point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity, respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

[0106] When aberration drawing of drawing 12 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 13 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 14 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 15 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 3rd example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0107] The [4th example] Drawing 16 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 4th example of the 1st invention. In the super-wide angle zoom lens of drawing 16, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of compound-die negative meniscus aspheric lenses which consist of compound with the glass material and resin material with which the convex was turned to the body side, and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of a cementation negative lens which becomes order from the lamination of a biconcave lens and a biconvex lens, and a negative meniscus lens which turned the convex to the body side from the body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of positive meniscus lenses which turned the convex to the body side.

[0108] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side.

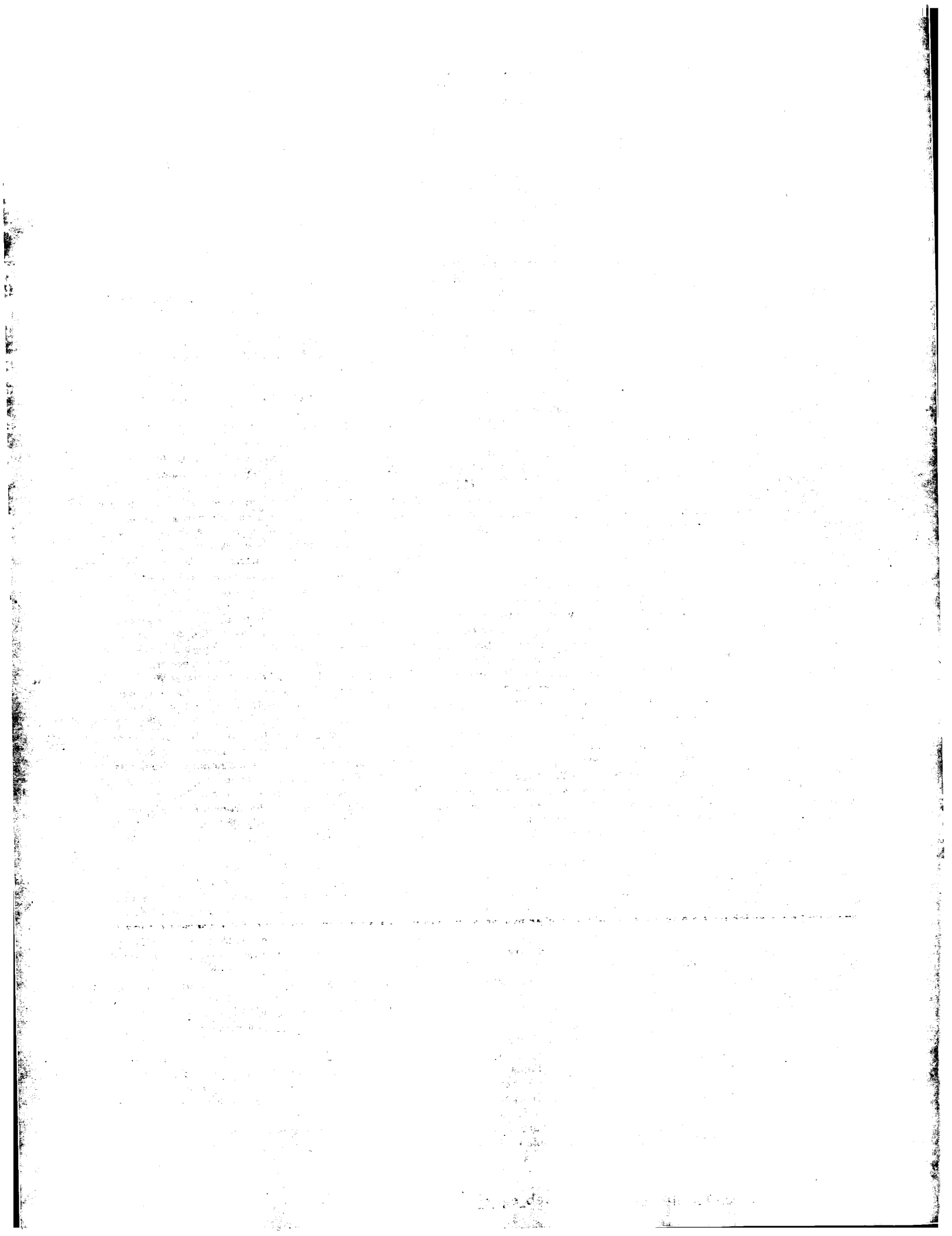
Furthermore, back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of a cementation positive lens which consists of lamination of the cementation negative lens Ln, biconcave lens, and biconvex lens which consist of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side, and a biconvex lens.

[0109] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 16 shows the lens arrangement in a wide angle edge. On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.

[0110] The value of the item of the 4th example is hung up over the following table (4). a table (4) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. It means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0111]

[A table 4]



An f= 17.5 - 34mmFNO=4.12 omega= 104.3 degrees - 64.7-degree side number r d nu n 1 49.4924 2.0000 43.35 1.840421 2 19.0000 0.1000 56.34 1.495210 3* 13.1824 15.0000 4 -64.1665 2.0000 45.37 1.796681 5 29.3127 8.5000 82.52 1.497820 6- 102.01500.1000 766.5293 2.0000 55.60 1.696800 8 29.3963 1.0000 931.1793 5.0000 25.50 1.804581 10 1140.6187 (d10= adjustable) 11 36.7901 1.3000 45.37 1.796681 12 22.2707 4.8000 60.23 1.518350 13 -104.5971 (d13= adjustable) 14 infinity 0.8000 (aperture-diaphragm S)

15 29.7900 20.0000 64.10 1.516800 16 -25.3222 1.3000 37.35 1.834000 17 66.4292 1.8000 18 -638.1440 1.3000 37.35 1.834000 19 25.8765 5.0000 70.41 1.487490 20 -24.3391 0.1000 21 166.7875 3.2000 58.90 1.518230 22 -50.0532 (d22= adjustable) 23 infinity 42.37782 (fixed drawing SF)

(Aspheric surface data)

kappa C3 C4 3 page 0.0139 - 0.30953X10-4 1.38140x10-5 C6 C8 C10 - 5.04910X10-9 -1.21950X10-11 -5.05670X10-14 C12 C14 C16 -0.16144x10-15 0.18728x10-17 -0.52111x10-20 (variable spacing in an infinite distance focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge f 17.50000 24.00000 34.00000D0 infinity infinity infinity d10 32.24557 14.61107 0.64709d13 4.28854 4.28854 4.28854d22 0.00000 10.15979 25.79025 (variable spacing in a point-blank range focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.06426 -0.09941 -0.14104 D0 242.2795 214.3848 216.0706d10 35.29557 17.66107 3.69709d13 1.23854 1.23854 1.23854d22 0.00000 10.15979 25.79025 (value corresponding to conditional expression)

(1) C3 = -0.30953x10-4(2) kappa=0.0139(3) |fasp|/fw=1.515(4) |f1|/(fw-ft)1/2 =1.107(5) |f1|/f2=0.6398(6) |beta w-Mt/beta t|=0.04980(7) dp/fw=1.143[0112 --] Drawing 17 - drawing 20 are many aberration drawings of the 4th example. That is, drawing 17 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing 18 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 19 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 20 / the point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity, respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

[0113] When aberration drawing of drawing 17 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 18 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 19 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 20 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 4th example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0114] The [5th example] Drawing 21 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 5th example of the 1st invention. In the super-wide angle zoom lens of drawing 21, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of a compound-die negative meniscus aspheric lens which consists of compound with the glass material and resin material with which the convex was turned to the body side, and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface sequentially from the body side, and a negative meniscus lens which turned the convex to the body side. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which become order from the lamination of a biconvex lens and a biconcave lens from the body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.

[0115] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side. Furthermore, back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation negative lens Ln which consists of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side, a cementation positive lens which consists of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side, and a biconvex lens.

[0116] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 21 shows the lens arrangement in a wide angle edge. On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.

[0117] The value of the item of the 5th example is hung up over the following table (5). a table (5) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. It means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0118]

[A table 5]

An f= 17.5 - 34mmFNO=4.12 omega= 104.3 degrees - 65.3-degree side number r d nu n 1 58.6004 2.0000 45.37 1.796681 2 24.0000 0.5000 56.34 1.495210 3* 17.0900 7.5000 4 53.7499 1.8000 43.35 1.840421 5 19.9462 8.0000 6 183.3053 8.500045.87 1.548139 7-26.74902.0000 43.35 1.840421 8 76.6578 0.1000 947.6972 6.5000 28.56 1.795040 10 -68.0225 (d10= adjustable) 11 32.3394 1.3000 45.37 1.796681 1220.6276 4.5000 60.23 1.518350 13 -181.9377 (d13= adjustable) 14 infinity 0.8000 (aperture-diaphragm S)

15 30.1722 22.0000 58.90 1.518230 16 -22.3432 1.3000 37.35 1.834000 17 60.9862 0.6500 18 404.8091 1.3000 40.90 1.796310 19 23.5377 6.5000 70.41 1.487490 20 -23.0581 0.1000 21 99.27713.0000 70.41 1.487490 22 -75.8640 (d22= adjustable) 23 infinity 40.99343 (fixed drawing SF)

(Aspheric surface data)

kappa C3 C4 3 page 0.0284 - 0.89864X10-5 9.88100x10-7 C6 C8 C10 - 2.94210X10-8 1.65270x10-11 1.59070x10-14 C12 C14 C16 -0.19552x10-15 0.44553x10-18 -0.32044x10-21 (variable spacing in an infinite distance focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge f 17.50000 24.00000 34.00000D0 infinity infinity infinity d10 32.41649 14.78200 0.81802d13 3.66918 3.66918 3.66918d22 0.00000 10.15979 25.79025 (variable spacing in a point-blank range focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.05990 -0.09259 -0.13128 D0 261.2193 231.2966 233.1086d10 35.25649 17.62200 3.65802d13 0.82918 0.82918 0.82918d22 0.00000 10.15979 25.79025 (value corresponding to conditional expression)

(1) C3 = -0.89864x10⁻⁵(2) kappa=0.0284(3) |fasp|/fw=2.093(4) |f1|/(fw-ft)^{1/2} =1.107(5) |f1|/f2=0.6398(6) |beta w-Mt/beta t|=0.04636(7) dp/fw=1.257[0119 --] Drawing 22 - drawing 25 are many aberration drawings of the 5th example. That is, drawing 22 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing 23 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 24 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 25 / the point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity, respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

[0120] When aberration drawing of drawing 22 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 23 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 24 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 25 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 5th example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0121] Next, the internal-focusing zoom lens concerning each example of the 2nd invention consists of a 1st lens group G1 which has negative refractive power, and a 2nd lens group G2 which has positive refractive power sequentially from the body side. And the 1st lens group G1 consists of a 1st lens component L11 which has negative refractive power, a 2nd lens component L12 which has negative refractive power, and a 3rd lens component L13 which has positive refractive power sequentially from the body side. on the other hand -- the 2nd lens group G2 -- the order from a body side -- the 2nd -- it consists of lens group pre-group G2F and 2nd lens *****G2R. In addition, 2nd lens ***** G2R consists of a lens component LR 1 and a lens component LR 2 which has positive refractive power sequentially from the body side.

[0122] the distance (the amount of sags) which the aspheric surface set the height of a direction perpendicular to an optical axis to y, and met the optical axis from the tangential plane of the top-most vertices of the aspheric surface in height y to the aspheric surface in each example of the 2nd invention -- S (y) -- carrying out -- the radius of curvature (top-most-vertices radius of curvature) of criteria -- R -- carrying out -- a constant of the cone -- kappa -- carrying out -- the n-th aspheric surface coefficient -- Cn ** -- it is expressed with the following formulas (f) when it carries out.

[Equation 6]

$$S(y) = (y^2 / R) / [1 + (1 - \text{kappa} - y^2 / R^2)^{1/2}]$$

$$+ C_2, y^2 + C_4, y^4 + C_6, y^6 + C_8 \text{ and } y^8 + C_{10}, y^{10} + C_{12}, y^{12} + C_{14}, y^{14} + C_{16} \text{ and } y^{16} + C_{18}, y^{18} (f)$$

In addition, it sets in each example of the 2nd invention, and is the secondary aspheric surface coefficient C 2. Since it is 0, the top-most-vertices radius of curvature and paraxial radius of curvature of the aspheric surface are in agreement. Hereafter, in each example, * mark is given to the aspheric surface on the right-hand side of the field number.

[0123] The [6th example] Drawing 26 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 6th example of the 2nd invention. In the internal-focusing zoom lens of drawing 26, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of negative meniscus aspheric lenses with which the convex was turned to the body side and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which consist of lamination of a biconcave lens and the positive meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.

[0124] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side. Furthermore, the lens component LR 1 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation positive lenses which consist of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side. Moreover, the lens component LR 2 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of a cementation positive lens which becomes order from the lamination of a biconcave lens and a biconvex lens, and a biconvex lens from the body side.

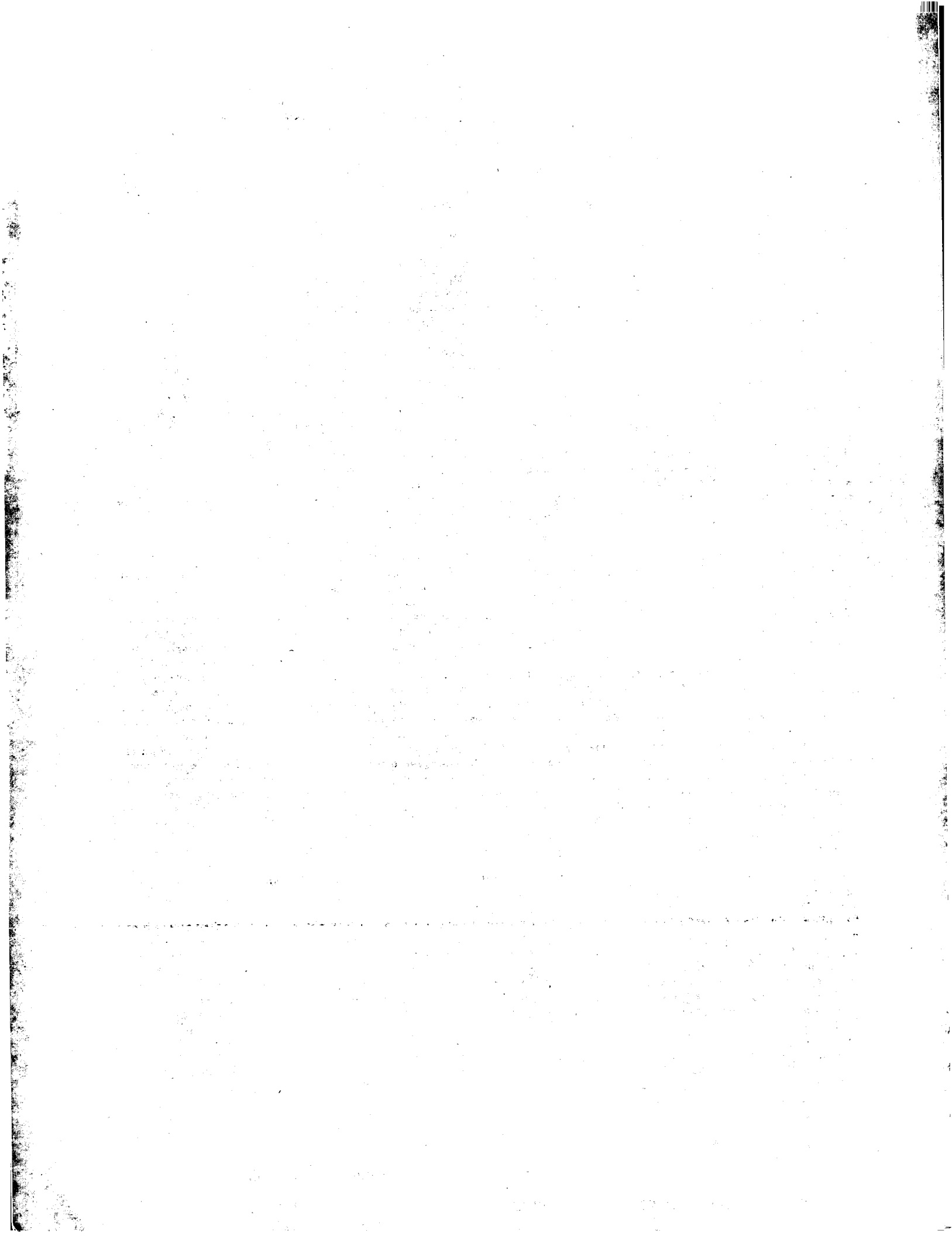
[0125] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 26 shows the lens arrangement in a wide angle edge. On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.

[0126] The value of the item of the 6th example is hung up over the following table (6). a table (6) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. It means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0127]

[A table 6]

An f= 17.5 - 34mm FNO=4.12 omega= 104.5 degrees - 64.9-degree side number r d nu n 1 48.5189 3.5000 40.90 1.796310 2* 14.7970 14.0000 3 -103.2099 2.0000 49.45 1.772789 4 23.6655 6.9000 82.52 1.497820 5 56.4962 3.8000 6 46.8694 5.000025.48 1.730378 7-187.1566 (d7 = adjustable) 8 67.1852 1.5000 45.37 1.796681 9 34.7148 4.0000 58.90 1.518230 10 -83.4611 (d10= adjustable) 11 infinity 1.0000 (aperture-diaphragm S) 12 29.7664 26.7527 58.90 1.518230 13 -21.4891 1.3000 37.35 1.834000 14 385.1452 2.2000 15 -188.5713 1.3000 37.35 1.834000 16 26.9405 5.0000 70.41 1.487490 17 -25.3197 0.1000 18 131.2987 3.0000 64.10 1.516800 19 -53.0910 (d19= adjustable) 20 infinity 43.75909 (fixed drawing SF) (Aspheric surface data) kappa C2 C4 2 page -0.3952 0.00000 3.10530x10⁻⁵ C6 C8 C10 2.33870x10⁻⁸ 3.75930x10⁻¹¹ -2.78560x10⁻¹³ C12 C14 C16



0.11063x10-150.66748x10-17 -0.14271x10-19 C18 -0.11584x10-24 (variable spacing in an infinite distance focus condition)
 Wide angle edge Middle Tele edge f 17.50000 24.00000 34.00000D0 infinity infinity infinity d7 31.74827 14.27276 0.43467d10
 3.30535 3.30535 3.30535d19 -0.26459 10.59298 27.29694 (variable spacing in a point-blank range focus condition)
 Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.06831 -0.08860 -0.11404 D0 229.6064 245.5819 274.1155d7 34.39827 16.92276
 3.08467d10 0.65535 0.65535 0.65535d19 -0.26459 10.59298 27.29694 (value corresponding to conditional expression)
 (8) f2 F/fw=5.714(9) |f1|/f2=0.599 (10) (rc+rb)/(rc-rb)=0.599 (11) |beta w-Mt/beta t|=0.558 (12) ra/rb=1.205 (13) dp/fw=1.529
 [0128 --] Drawing 27 - drawing 30 are many aberration drawings of the 6th example. That is, drawing 27 shows many
 aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing
 28 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 29 shows many aberration drawings
 [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 30 / the point-
 blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA --
 numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity,
 respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the
 dashed line shows the meridional image surface.
 [0129] When aberration drawing of drawing 27 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended
 good. Moreover, when aberration drawing of drawing 28 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that
 many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 29 is referred to, there is little short-
 distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when
 aberration drawing of drawing 30 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance
 aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 6th example, it turns out that many
 aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-
 character ability is secured.
 [0130] The [7th example] Drawing 31 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and
 variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 7th example of the 2nd invention. In the internal-focusing
 zoom lens of drawing 31, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of negative meniscus lenses with which
 the convex was turned to the body side and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface.
 Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which consist of
 lamination of a biconcave lens and the positive meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from a
 body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.
 [0131] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of
 the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side.
 Furthermore, the lens component LR 1 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation negative lenses
 which consist of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side.
 Moreover, the lens component LR 2 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of a cementation positive lens which
 consists of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially
 from a body side, and a biconvex lens.
 [0132] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R --
 having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S
 moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the
 image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 31 shows the lens arrangement in a wide angle edge.
 On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body
 side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may
 decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an
 infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.
 [0133] The value of the item of the 7th example is hung up over the following table (7). a table (7) -- setting -- f -- a focal
 distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the
 object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried
 out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in
 the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each /
 lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of
 curvature)], respectively. It means that * mark in a table is the aspheric surface.
 [0134]
 [A table 7]
 An f= 17.5 - 34mmFNO=4.12 omega= 104.4 degrees - 64.9-degree side number r d nu n 1 44.9028 2.0000 40.90 1.796310 2*
 15.0169 15.0000 3 -83.3430 2.5000 49.45 1.772789 4 22.0645 6.9000 82.52 1.497820 5 63.9119 3.8000 6 47.9602 5.000025.48
 1.730378 7-163.1975 (d7 = adjustable) 8 34.1077 1.5000 45.37 1.796681 9 23.0656 5.0000 64.10 1.516800 10 -93.5777 (d10=
 adjustable) 11 infinity 1.0000 (aperture-diaphragm S)
 12 29.7891 20.0000 54.55 1.514540 13 -22.2629 1.3000 37.35 1.834000 14 66.0998 2.2000 15 591.3002 1.3000 37.35 1.834000 16
 22.5487 6.0000 82.52 1.497820 17 -25.9792 0.1000 18 125.3855 3.0000 64.10 1.516800 19 -65.7170 (d19= adjustable) 20 infinity
 39.64647 (fixed drawing SF)
 (Aspheric surface data)
 kappa C2 C4 2 page -0.2964 0.00000 2.83480x10-5 C6 C8 C10 1.09290x10-8 1.05840x10-10 -3.52100x10-13 C12 C14 C16 -
 0.63326x10-160.69109x10-17 -0.17384x10-19 C18 0.77240x10-23 (variable spacing in an infinite distance focus condition)
 Wide angle edge Middle Tele edge f 17.50000 24.00000 34.00000D0 infinity infinity infinity d7 30.70578 14.06641 0.89044d10
 3.43119 3.43119 3.43119d19 -0.63682 9.70125 25.60597 (variable spacing in a point-blank range focus condition)
 Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.04752 -0.08688 -0.13290 D0 333.3899 246.8854 229.1921d7 33.35578 16.71641
 3.54044d10 0.78119 0.78119 0.78119d19 -0.63682 9.70125 25.60597 (value corresponding to conditional expression)
 (8) f2 F/fw=3.429(9) |f1|/f2=0.6287 (10) (rc+rb)/(rc-rb)=0.546 (11) |beta w-Mt/beta t|=0.00894 (12) ra/rb=1.333 (13)
 dp/fw=1.143[0135 --] Drawing 32 - drawing 35 are many aberration drawings of the 7th example. That is, drawing 32 shows
 many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in
 drawing 33 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 34 shows many aberration
 drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 35 / the
 point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number --
 NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity,
 respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the
 dashed line shows the meridional image surface.

[0136] When aberration drawing of drawing 32 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 33 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 34 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 35 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 7th example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0137] The [8th example] Drawing 36 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 8th example of the 2nd invention. In the internal-focusing zoom lens of drawing 36, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of negative meniscus lenses with which the convex was turned to the body side and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which consist of lamination of a biconcave lens and the positive meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.

[0138] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side. Furthermore, the lens component LR 1 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation positive lenses which consist of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side. Moreover, the lens component LR 2 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of a cementation positive lens which consists of lamination of the negative meniscus lens and biconvex lens which turned the convex to the body side sequentially from a body side, and a biconvex lens.

[0139] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 36 shows the lens arrangement in a wide angle edge. On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.

[0140] The value of the item of the 8th example is hung up over the following table (8). a table (8) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. It means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0141]

[A table 8]

An f=17.5-34mm FNO=4.3 - 4.22 omega= 104.6 degrees - 64.9-degree side number r d nu n 1 44.4743 2.0000 40.90 1.796310 2* 14.8240 15.0000 3 -100.9884 2.5000 49.45 1.772789 4 20.7090 10.0000 82.52 1.497820 5 44.9016 2.6665 6 40.1401 4.5000 25.48 1.730378 7-258.8822 (d7 = adjustable) 8 38.2112 1.5000 45.37 1.796681 9 23.5648 5.0000 54.55 1.514540 10 -99.8075 (d10= adjustable) 11 infinity 1.0000 (aperture-diaphragm S) 12 29.7330 20.0000 58.90 1.518230 13 -23.5477 1.3000 37.35 1.834000 14 91.7769 1.8765 15 1041.8602 1.3000 37.35 1.834000 16 23.4104 6.0000 82.52 1.497820 17 -26.1402 0.1000 18 634.9730 3.0000 58.90 1.518230 19 -50.0191 (d19= adjustable) 20 infinity 45.65899 (fixed drawing SF)

(Aspheric surface data)

kappa C2 C4 2 page -0.4864 0.00000 3.37280x10⁻⁵ C6 C8 C10 2.00990x10⁻⁸ 2.18430x10⁻¹¹ -2.42790x10⁻¹³ C12 C14 C16 0.11587x10⁻¹⁵ 0.62023x10⁻¹⁷ -0.13676x10⁻¹⁹ C18 -0.63440x10⁻²⁴ (variable spacing in an infinite distance focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge f 17.50000 24.00000 34.00000 D0 infinity infinity infinity d7 29.24496 13.55638 1.13328d10

3.76471 3.76471 3.76471d19 -0.39682 11.04277 28.64216 (variable spacing in a point-blank range focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.07598 -0.11042 -0.15270 D0 203.2484 192.1448 198.8771d7 31.89496 16.20638

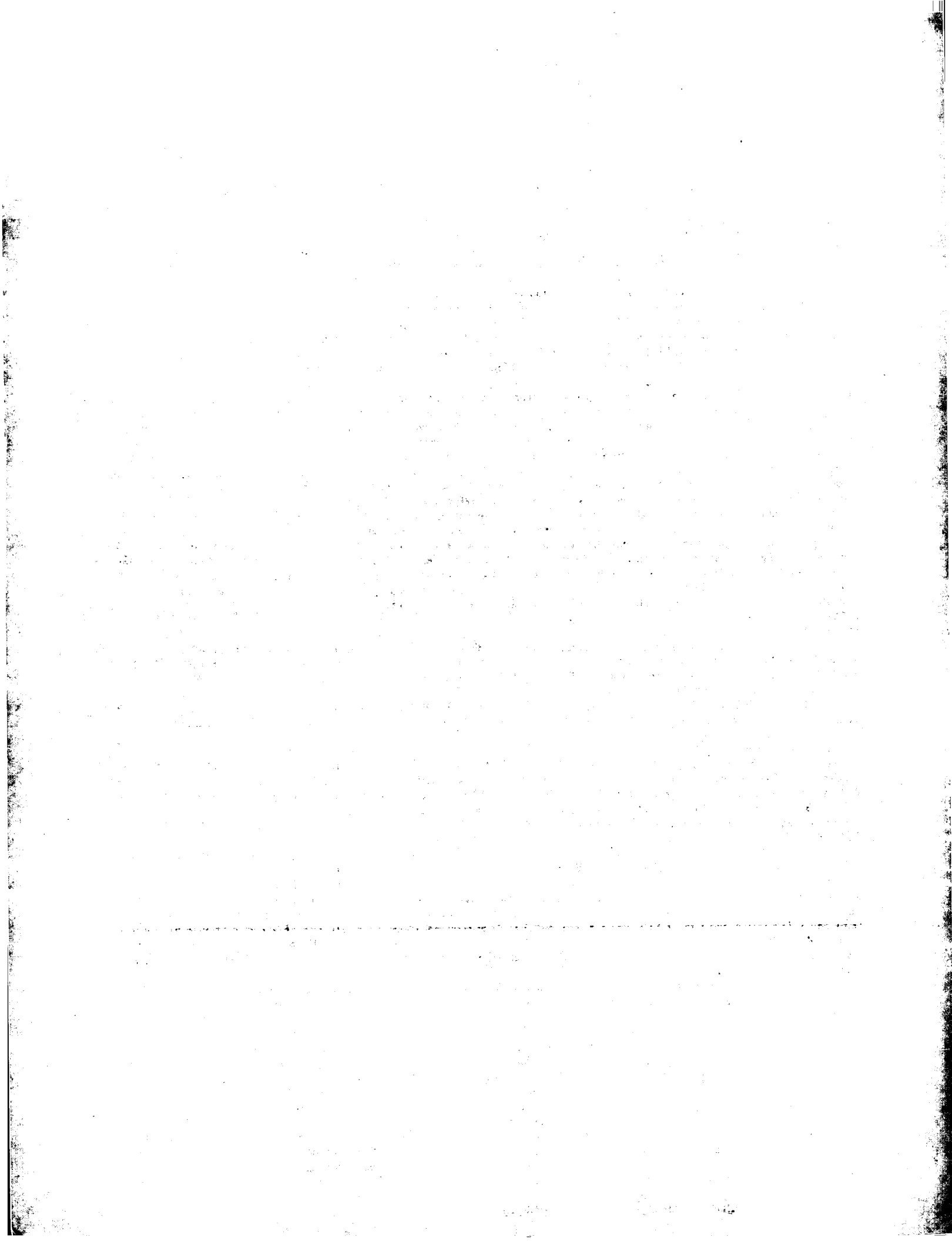
3.78328d10 1.11471 1.11471 1.11471d19 -0.39682 11.04277 28.64216 (value corresponding to conditional expression)

(8) f2 F/fw=4.083(9) |f1|/f2=0.568 (10) (rc+rb)/(rc-rb)=0.732 (11) |beta w-Mt/beta t|=0.1209 (12) ra/rb=1.119 (13) dp/fw=1.143

[0142 --] Drawing 37 - drawing 40 are many aberration drawings of the 8th example. That is, drawing 37 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing 38 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 39 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 40 / the point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity, respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

[0143] When aberration drawing of drawing 37 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 38 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 39 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 40 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 8th example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0144] The [9th example] Drawing 41 is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 9th example of the 2nd invention. In the internal-focusing zoom lens of drawing 41, the 1st lens component L11 of the 1st lens group G1 consists of negative meniscus lenses with which the convex was turned to the body side and the field by the side of an image was formed in the shape of the aspheric surface. Moreover, the 2nd lens component L12 of the 1st lens group G1 consists of cementation negative lenses which consist of lamination of a biconcave lens and the positive meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from a



body side. Furthermore, the 3rd lens component L13 of the 1st lens group G1 consists of biconvex lenses.

[0145] Moreover, pre-group G2F of the 2nd lens group G2 consist of cementation positive lenses which consist of lamination of a biconvex lens and the negative meniscus lens which turned the concave surface to the body side sequentially from a body side. Furthermore, the lens component LR 1 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of cementation positive lenses which consist of lamination of a heavy-gage biconvex lens and a heavy-gage biconcave lens sequentially from a body side. Moreover, the lens component LR 2 in back group G2R of the 2nd lens group G2 consists of a cementation positive lens which becomes order from the lamination of a biconcave lens and a biconvex lens, and a positive meniscus lens which turned the concave surface to the body side from the body side.

[0146] in addition, the 2nd -- aperture-diaphragm S arranges between lens group pre-group G2F and 2nd lens ***** G2R -- having -- the 2nd lens group G2 -- fixed drawing SF is arranged immediately at the image side. Although aperture-diaphragm S moves in one with the 2nd lens group G2 on the occasion of variable power, fixed drawing SF is always immobilization to the image surface, without moving on the occasion of variable power. Drawing 41 shows the lens arrangement in a wide angle edge. On the occasion of the variable power to a tele edge, once the 1st lens group G1 moves to an image side, it moves to a body side, and moves the 2nd lens group G2 to a body side so that the gap of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 may decrease. moreover -- without aperture-diaphragm S moves on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body -- the 2nd -- only lens group pre-group G2F move to an image side.

[0147] The value of the item of the 9th example is hung up over the following table (9). a table (9) -- setting -- f -- a focal distance -- FNO -- the f number -- 2omega -- a field angle -- beta -- a photography scale factor -- D0 The table of the object point distance (distance which met the optical axis between the field by the side of a body and a body most) is carried out, respectively. Furthermore, nu shows [the sequence of the lens side from the body side with which the field number met in the direction in which light advances] the Abbe number for the refractive index [as opposed to / in n / d / spacing / each / lens / r / d line (lambda= 587.6nm) for radius of curvature (in the case of the aspheric surface, it is paraxial radius of curvature)], respectively. It means that * mark in a table is the aspheric surface.

[0148]

[A table 9]

An f= 17.5 - 34mmFNO=4.12 omega= 104.6 degrees - 64.9-degree side number r d nu n 1 63.5433 2.0000 40.90 1.796310 2* 14.8611 15.0000 3 -224.3822 2.5000 40.90 1.796310 4 23.2147 5.5000 67.87 1.593189 5 45.2317 0.1000 6 34.5553 6.0000 23.82 1.846660 7-298.4830 (d7 = adjustable) 8 62.5759 3.0000 64.10 1.516800 9 -51.6827 1.5000 33.89 1.803840 10 -67.4387 (d10= adjustable) 11 infinity 1.0000 (aperture-diaphragm S) 12 27.7437 15.0000 64.10 1.516800 13 -21.1372 2.0000 45.37 1.796681 14 105.0802 4.2078 15 -133.5323 1.3000 33.89 1.803840 16 22.9670 5.0000 64.10 1.516800 17 -23.3925 0.1000 18 - 1024.1634 3.0000 58.50 1.651599 19 -53.6833 (d19= adjustable) 20 infinity 36.60502 (fixed drawing SF)

(Aspheric surface data)

kappa C2 C4 2 page -0.3106 0.00000 2.81720x10⁻⁵ C6 C8 C10 8.89610x10⁻⁹ 9.66190x10⁻¹¹ -2.58970x10⁻¹³ C12 C14 C16 - 0.20357x10⁻¹⁵ 0.51096x10⁻¹⁷ -0.12392x10⁻¹⁹ C18 0.10282x10⁻²² (variable spacing in an infinite distance focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge f 17.50000 24.00000 34.00000 D0 infinity infinity infinity d7 34.45358 15.73604 0.91446d10 3.69123 3.69123 3.69123d19 3.51182 12.24667 25.68490 (variable spacing in a point-blank range focus condition)

Wide angle edge Middle Tele edge beta -0.04289 -0.06933 -0.09957 D0 373.6911 316.3166 314.4714d7 37.10358 18.38604

3.56446d10 1.04123 1.04123 1.04123d19 3.51182 12.24667 25.68490 (value corresponding to conditional expression)

(8) f2 F/fw=3.943(9) |f1|/f2=0.744 (10) (rc+rb)/(rc-rb)=0.7925 (11) |beta w-Mt/beta t|=0.0243 (12) ra/rb=1.309 (13) dp/fw=0.857

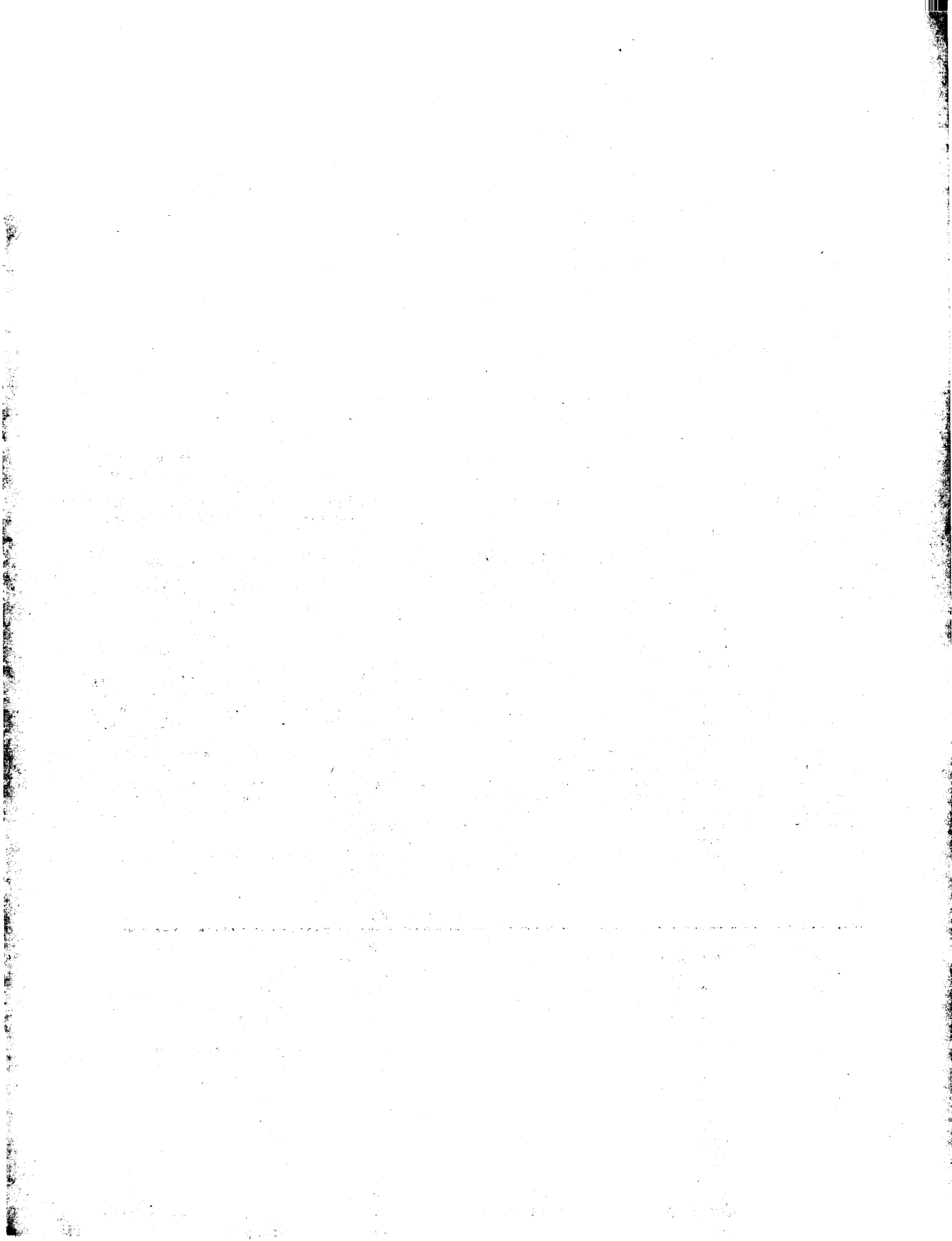
[0149 --] Drawing 42 - drawing 45 are many aberration drawings of the 9th example. That is, drawing 42 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the infinite distance focus condition in a wide angle edge / in drawing 43 / the infinite distance focus condition in a tele edge], respectively. Moreover, drawing 44 shows many aberration drawings [in / for many aberration drawings in the point-blank range focus condition in a wide angle edge / in drawing 45 / the point-blank range focus condition in a tele edge], respectively. each aberration drawing -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- in Y, d shows d line (lambda= 587.6nm), and g shows g line (lambda= 435.8nm) for image quantity, respectively. Moreover, in aberration drawing showing astigmatism, a continuous line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

[0150] When aberration drawing of drawing 42 is referred to, in a wide angle edge, it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 43 is referred to, also in a tele edge, it turns out like a wide angle edge that many aberration is amended good. On the other hand, when aberration drawing of drawing 44 is referred to, there is little short-distance aberration fluctuation in a wide angle edge, and it turns out that many aberration is amended good. Moreover, when aberration drawing of drawing 45 is referred to, also in a tele edge, like a wide angle edge, there is little short-distance aberration fluctuation and it turns out that many aberration is amended good. Thus, in the 9th example, it turns out that many aberration is amended good in each focal distance condition and each photography distance condition, and good optical-character ability is secured.

[0151]

[Effect of the Invention] according to [as explained above] the 1st invention of this invention -- 2 -- it covers to the super-wide angle field which has a large field angle of omega= 107.8 degrees - 65.4 degrees, and has an about 2.1 times as many variable power ratio as this, the f number has brightness called about 1 law by about 3.5-4 in each focal distance condition, a configuration is simple, and manufacture is easy -- the small highly efficient super-wide angle zoom lens which downsized can be attained. moreover -- according to the 2nd invention of this invention -- 2 -- it covers to the super-wide angle field which has a large field angle of omega= 104.5 degrees - 64.9 degrees, and has a twice [about] as many variable power ratio as this, the f number has brightness called about 1 law by about 4 in each focal distance condition, a configuration is simple, and manufacture is easy -- the small highly efficient internal-focusing zoom lens which downsized can be attained.

[Translation done.]



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 1st example of the 1st invention.
- [Drawing 2] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 1st example.
- [Drawing 3] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 1st example.
- [Drawing 4] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 1st example.
- [Drawing 5] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 1st example.
- [Drawing 6] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 2nd example of the 1st invention.
- [Drawing 7] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 2nd example.
- [Drawing 8] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 2nd example.
- [Drawing 9] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 2nd example.
- [Drawing 10] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 2nd example.
- [Drawing 11] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 3rd example of the 1st invention.
- [Drawing 12] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 3rd example.
- [Drawing 13] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 3rd example.
- [Drawing 14] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 3rd example.
- [Drawing 15] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 3rd example.
- [Drawing 16] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 4th example of the 1st invention.
- [Drawing 17] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 4th example.
- [Drawing 18] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 4th example.
- [Drawing 19] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 4th example.
- [Drawing 20] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 4th example.
- [Drawing 21] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the super-wide angle zoom lens concerning the 5th example of the 1st invention.
- [Drawing 22] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 5th example.
- [Drawing 23] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 5th example.
- [Drawing 24] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 5th example.
- [Drawing 25] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 5th example.
- [Drawing 26] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 6th example of the 2nd invention.
- [Drawing 27] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 6th example.
- [Drawing 28] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 6th example.
- [Drawing 29] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 6th example.
- [Drawing 30] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 6th example.
- [Drawing 31] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 7th example of the 2nd invention.
- [Drawing 32] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 7th example.
- [Drawing 33] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 7th example.
- [Drawing 34] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 7th example.
- [Drawing 35] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 7th example.
- [Drawing 36] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 8th example of the 2nd invention.
- [Drawing 37] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 8th example.
- [Drawing 38] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 8th example.
- [Drawing 39] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 8th example.

example.

[Drawing 40] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 8th example.

[Drawing 41] It is drawing showing the migration locus of each lens group in the lens configuration and variable power of the internal-focusing zoom lens concerning the 9th example of the 2nd invention.

[Drawing 42] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the wide angle edge of the 9th example.

[Drawing 43] They are many aberration drawings in the infinite distance focus condition in the tele edge of the 9th example.

[Drawing 44] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the wide angle edge of the 9th example.

[Drawing 45] They are many aberration drawings in the point-blank range focus condition in the tele edge of the 9th example.

[Description of Notations]

G1 The 1st lens group

G2 The 2nd lens group

G2F The 2nd lens group pre-group

G2R The 2nd lens *****

L11 The 1st lens component in the 1st lens group

L12 The 2nd lens component in the 1st lens group

L13 The 3rd lens component in the 1st lens group

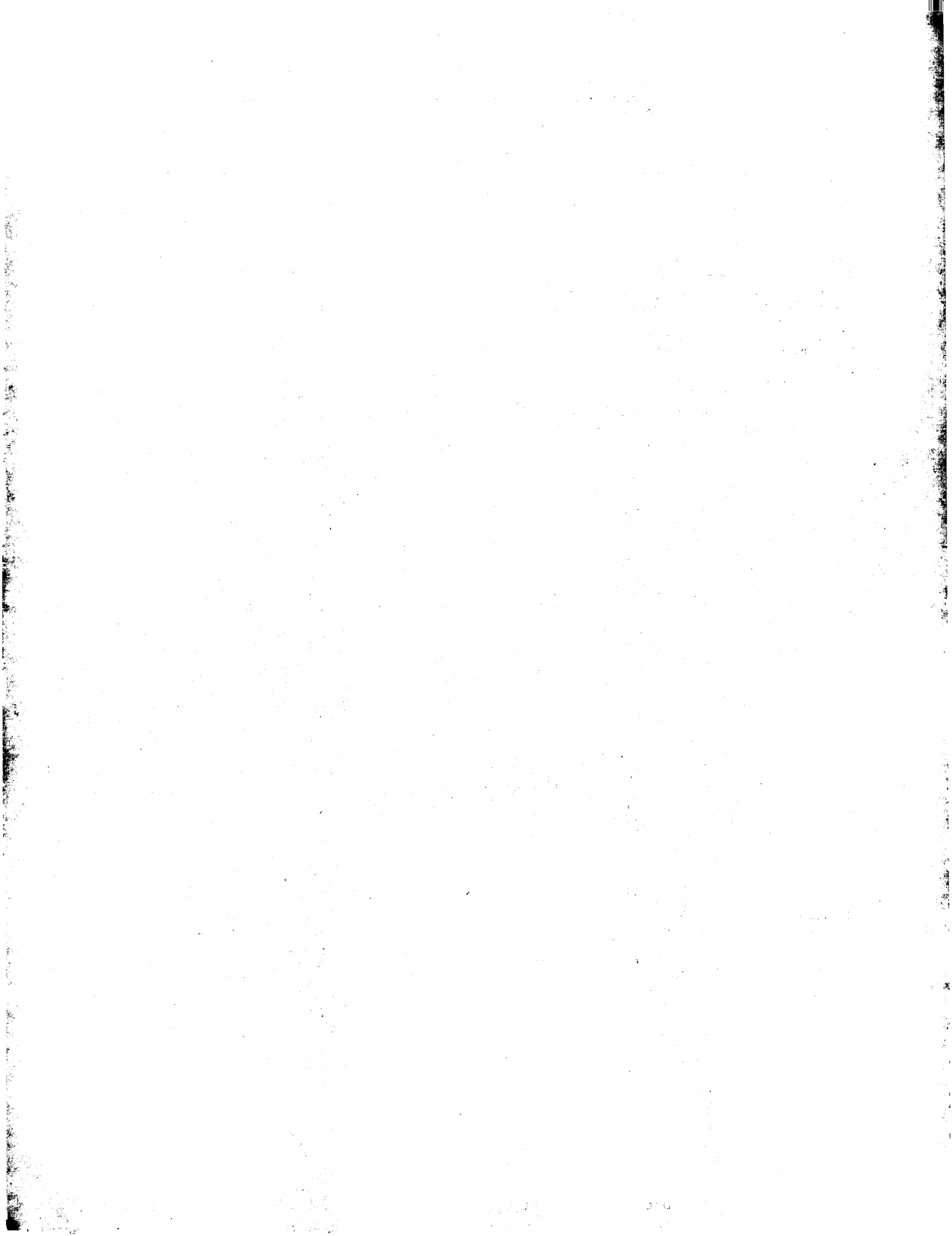
LR1 Lens component in the 2nd lens group

LR2 Positive lens component in the 2nd lens group

S Aperture diaphragm

SF Fixed drawing

[Translation done.]



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

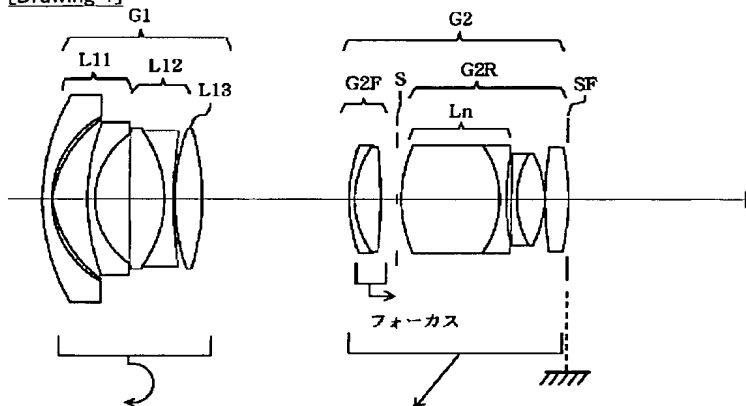
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

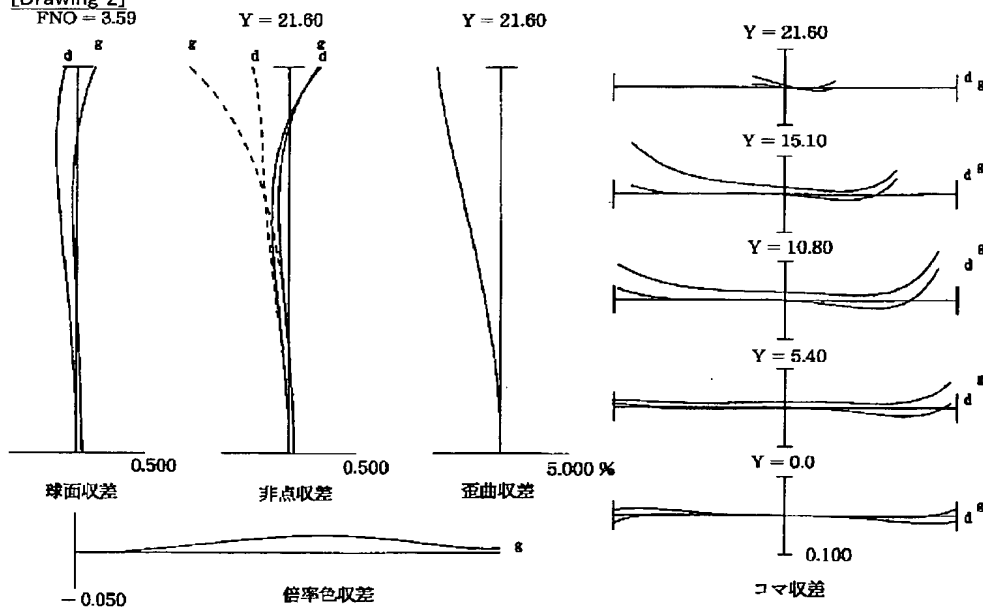
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

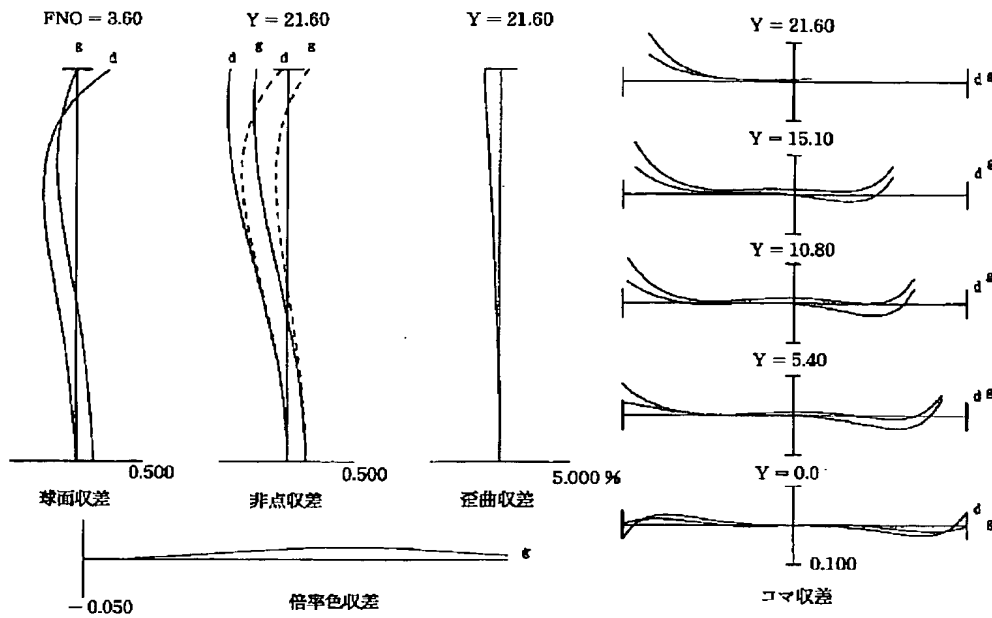
[Drawing 1]



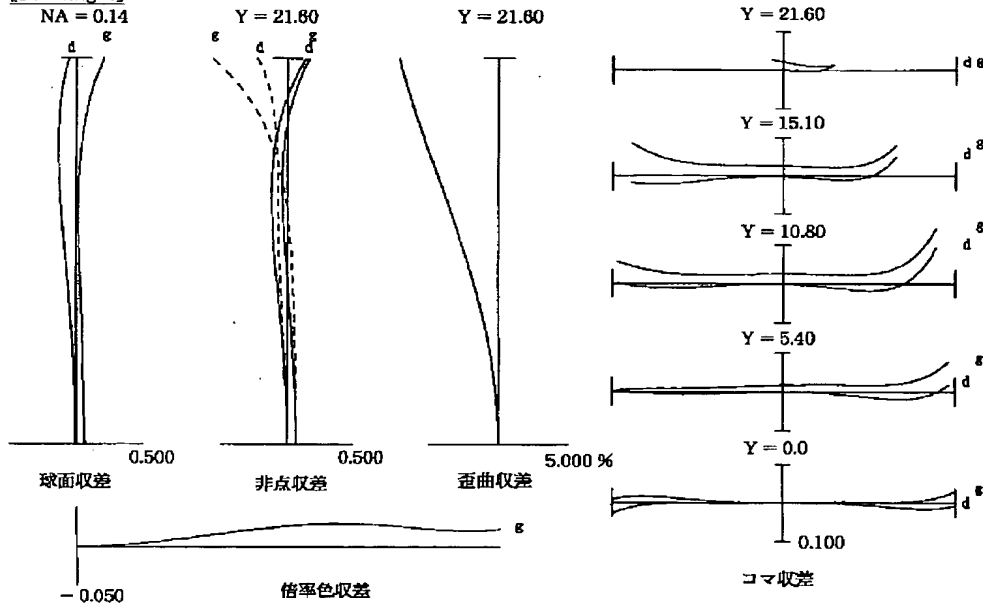
[Drawing 2]



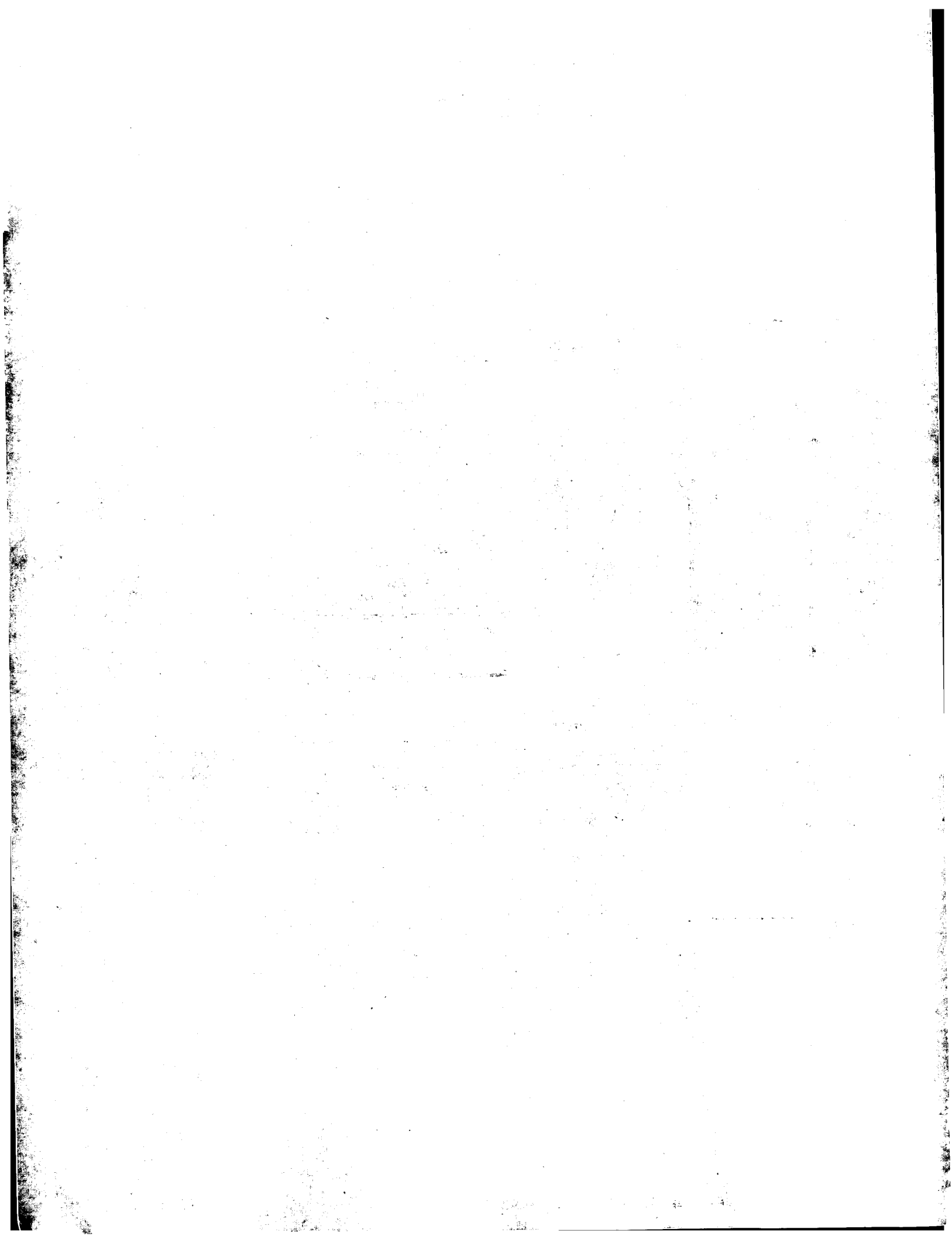
[Drawing 3]

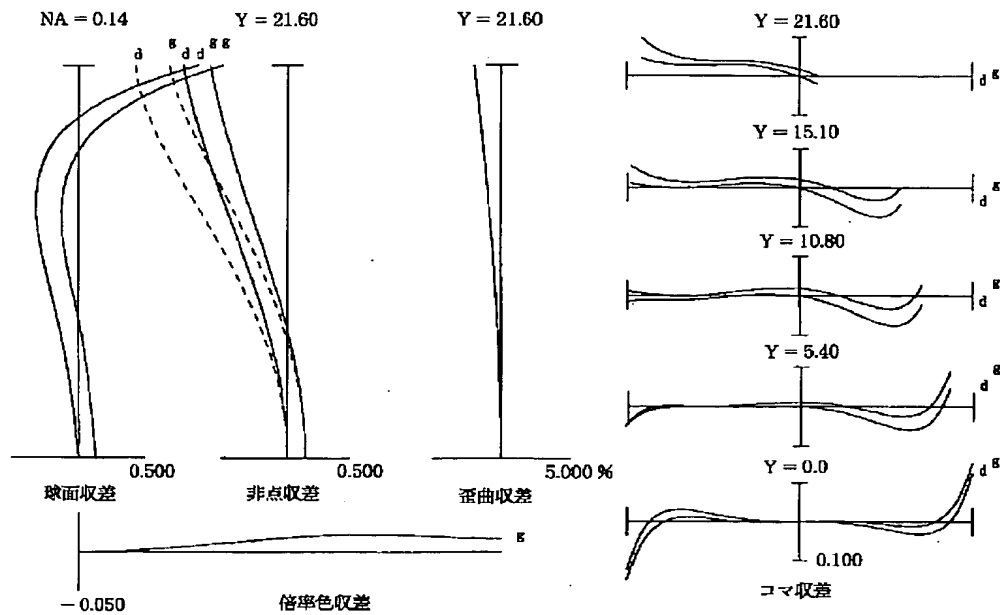


[Drawing 4]

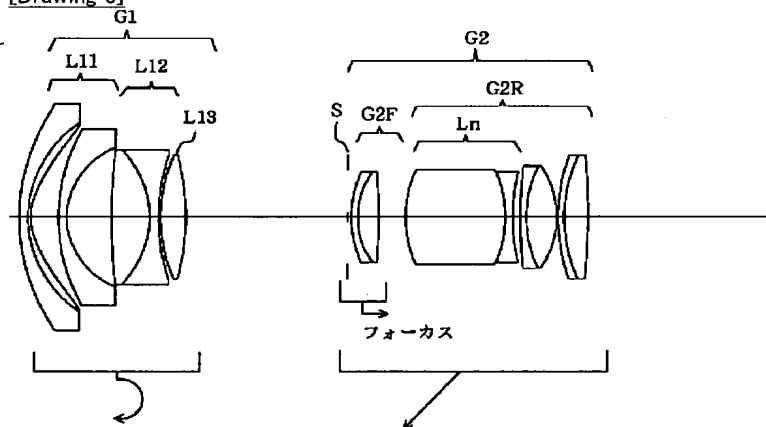


[Drawing 5]

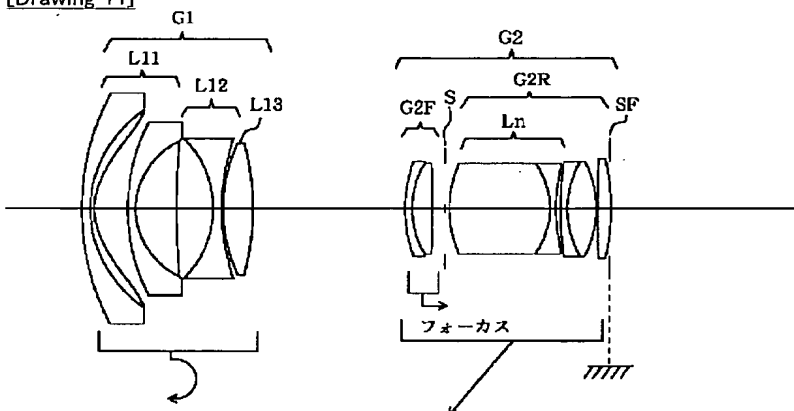




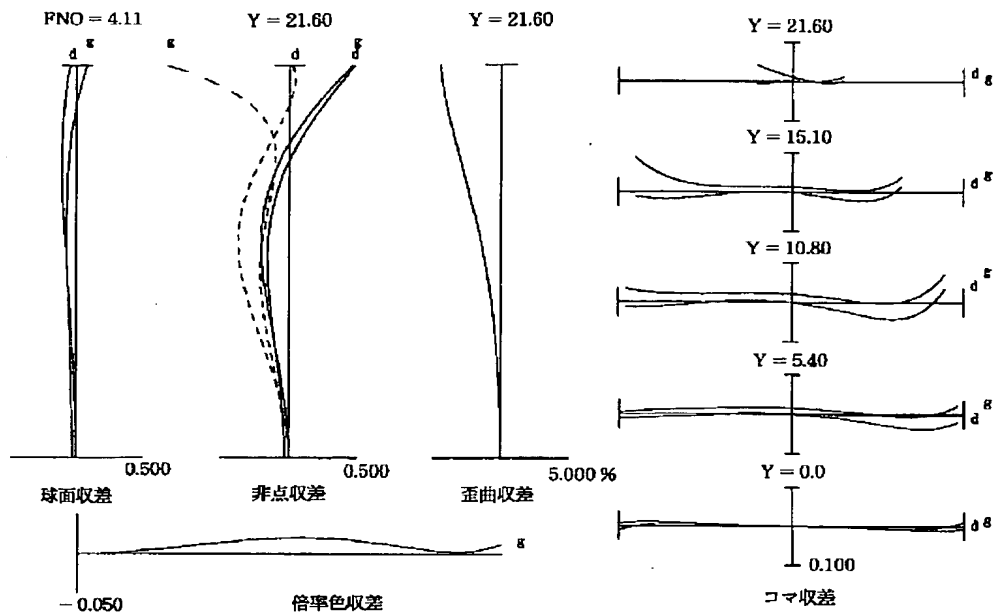
[Drawing 6]



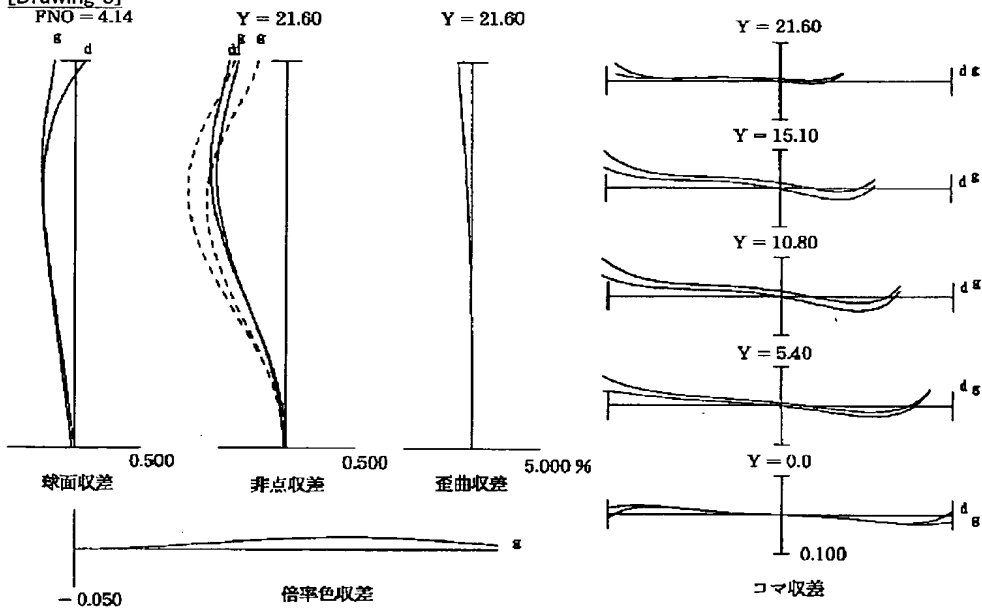
[Drawing 11]



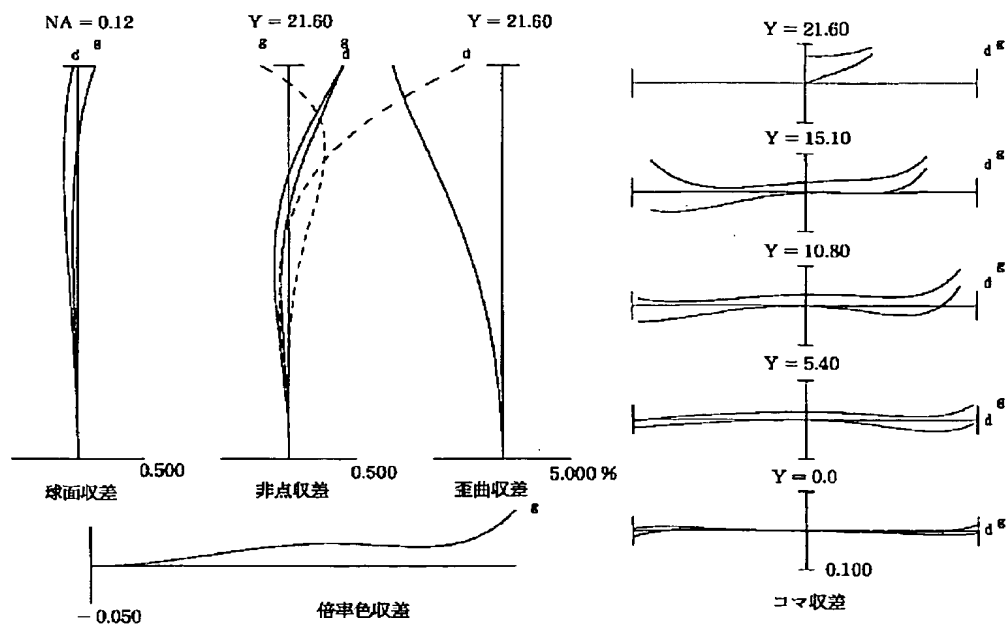
[Drawing 7]



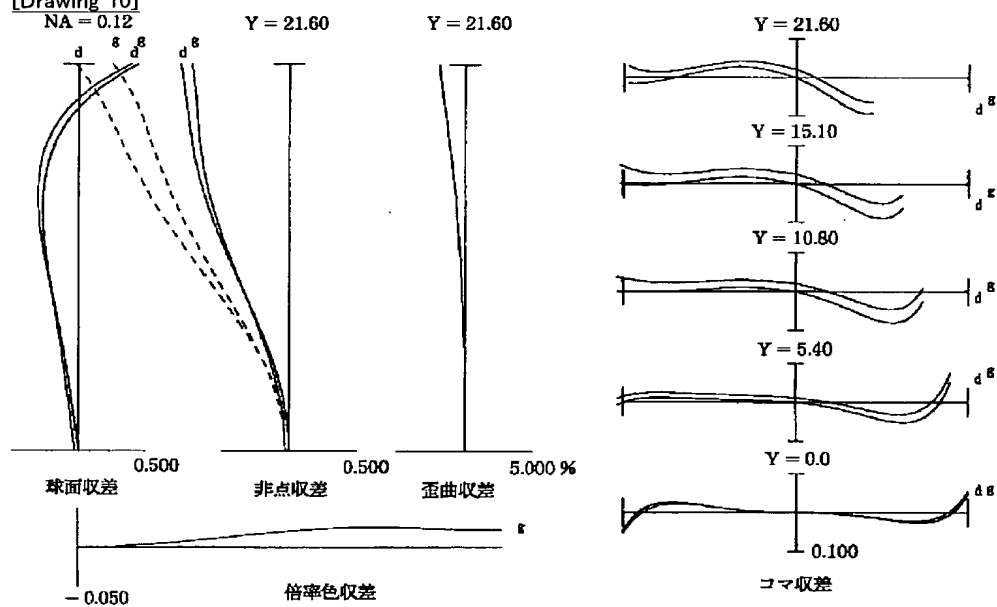
[Drawing 8]



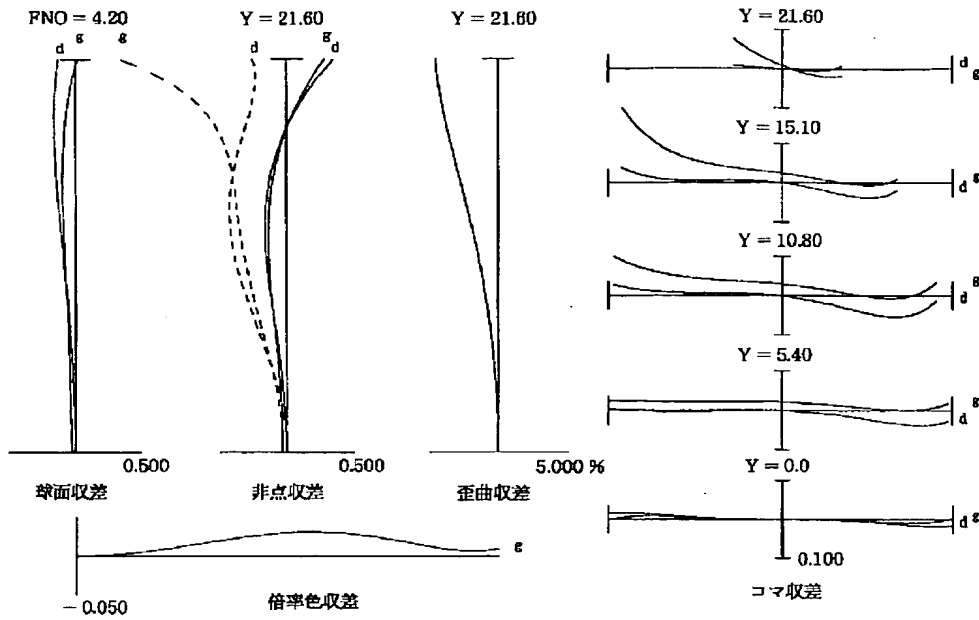
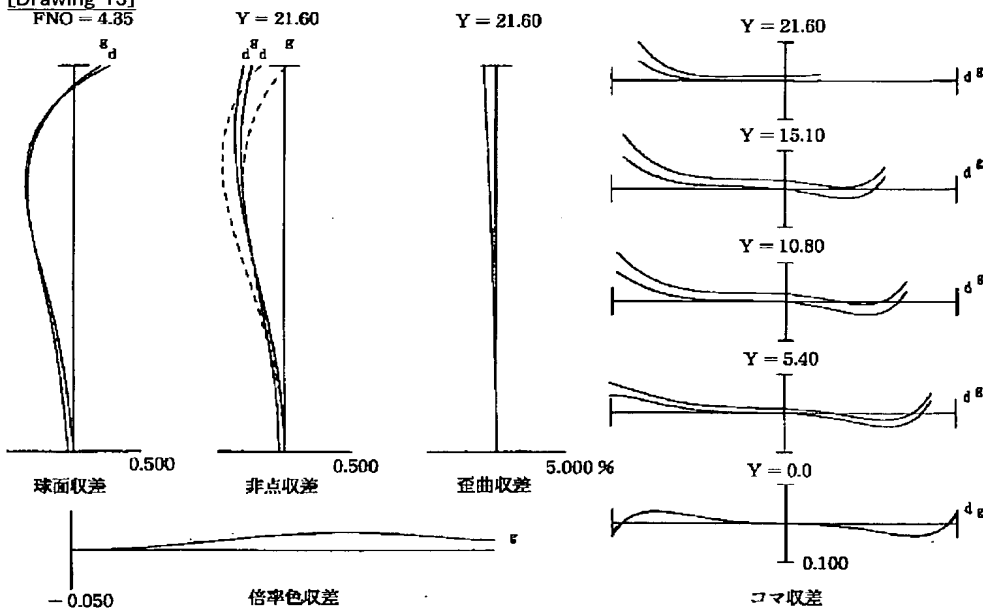
[Drawing 9]



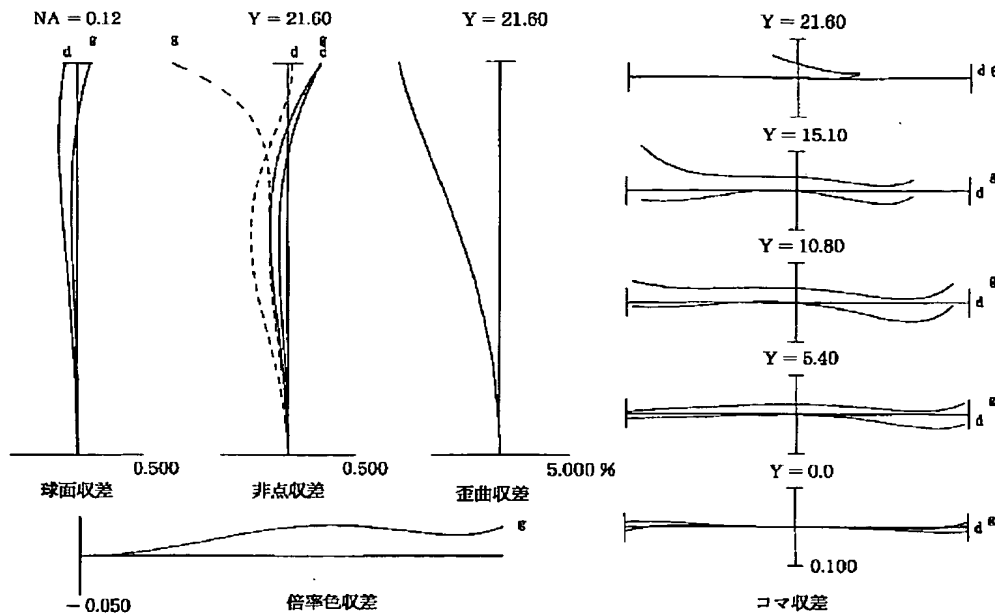
[Drawing 10]



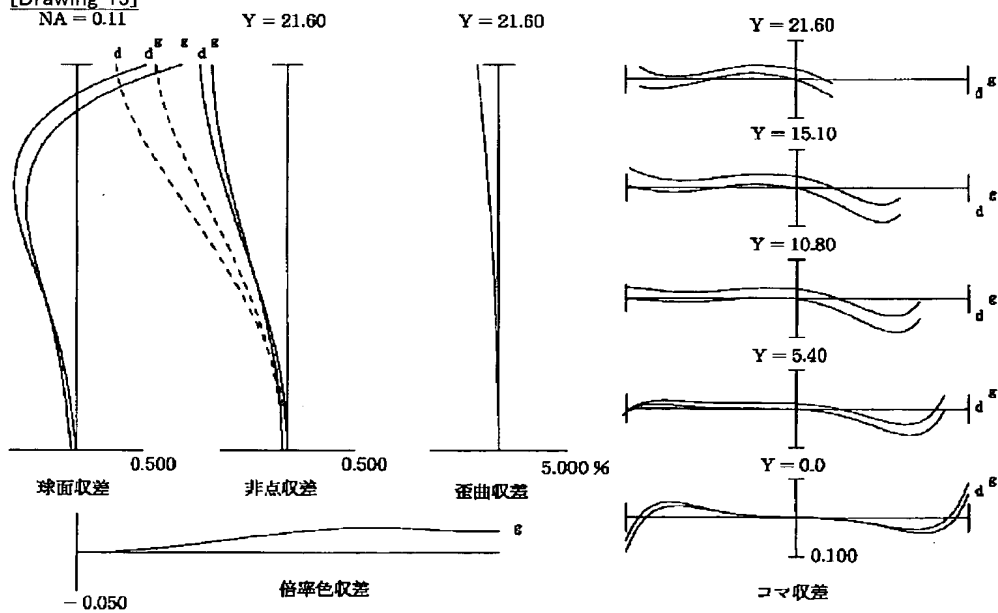
[Drawing 12]

[Drawing 13]
FNO = 4.35

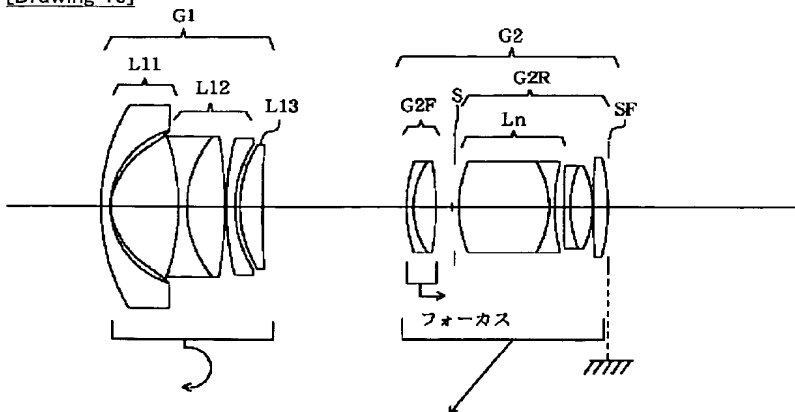
[Drawing 14]



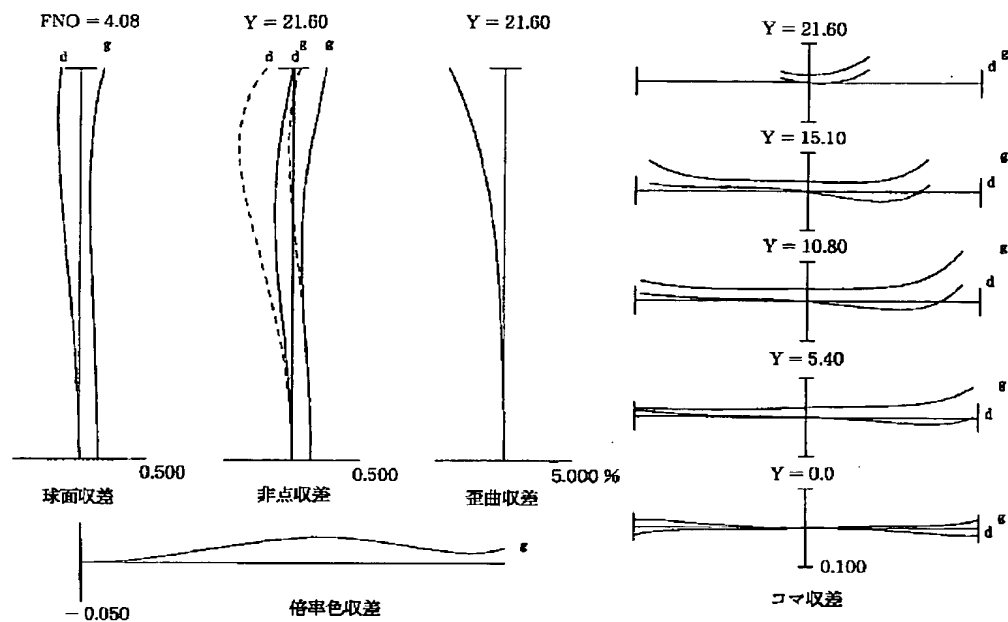
[Drawing 15]



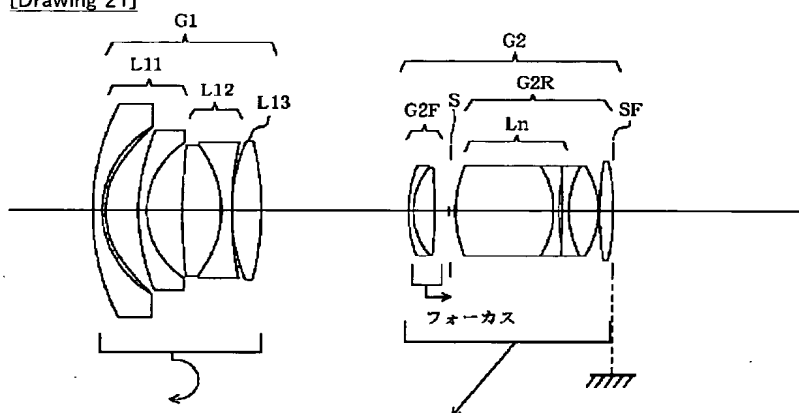
[Drawing 16]



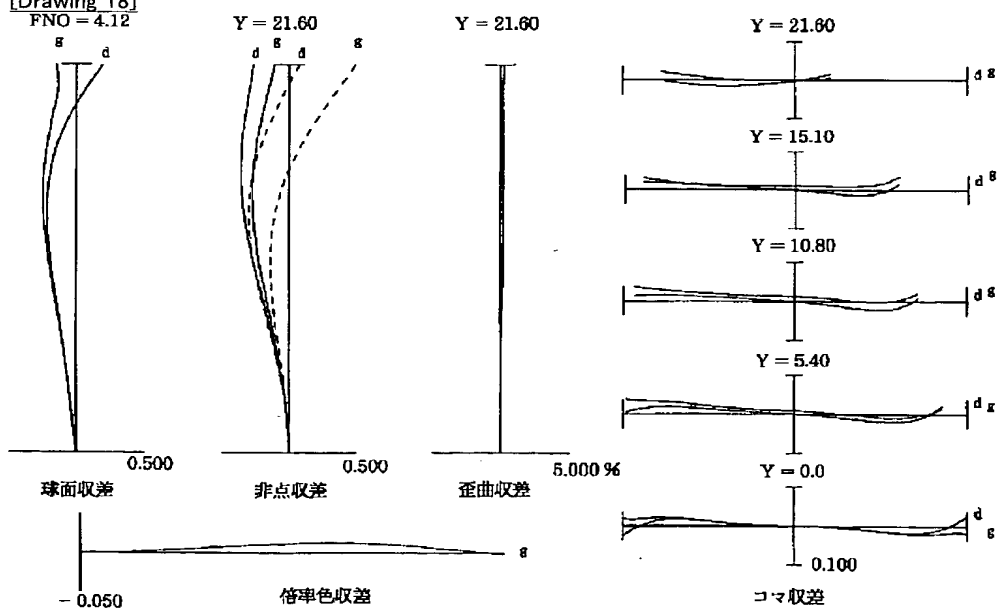
[Drawing 17]



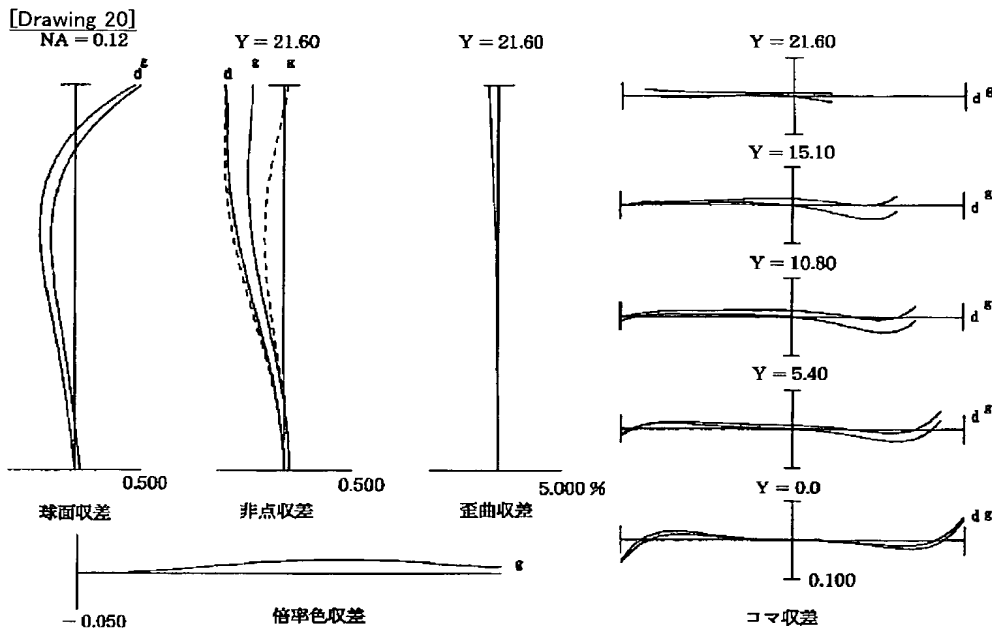
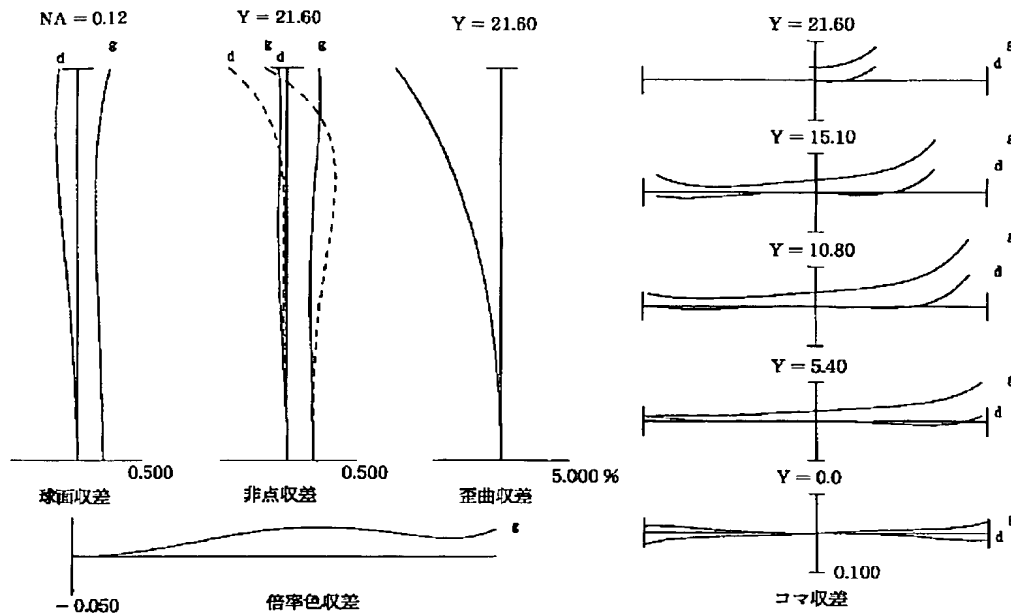
[Drawing 21]



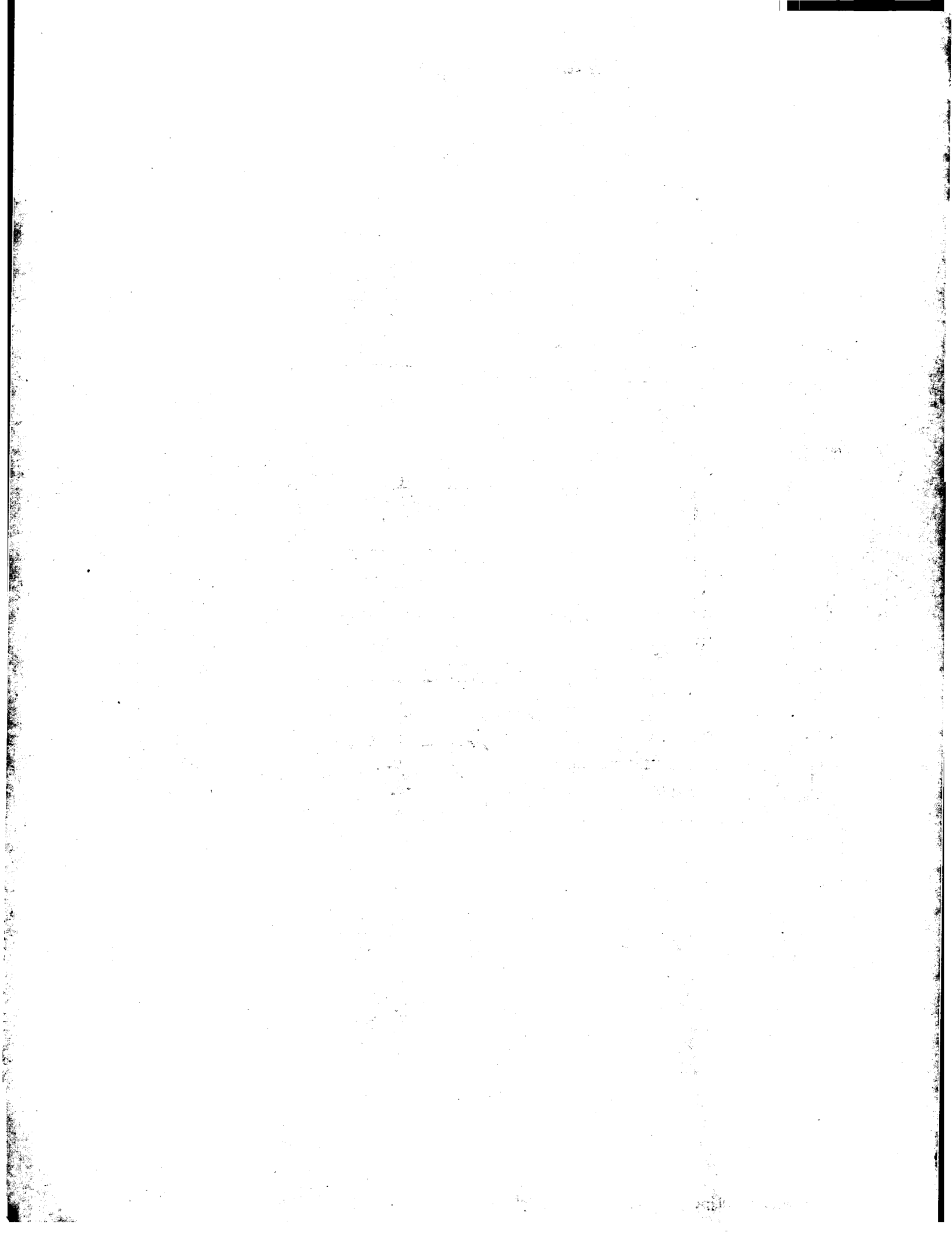
[Drawing 18]

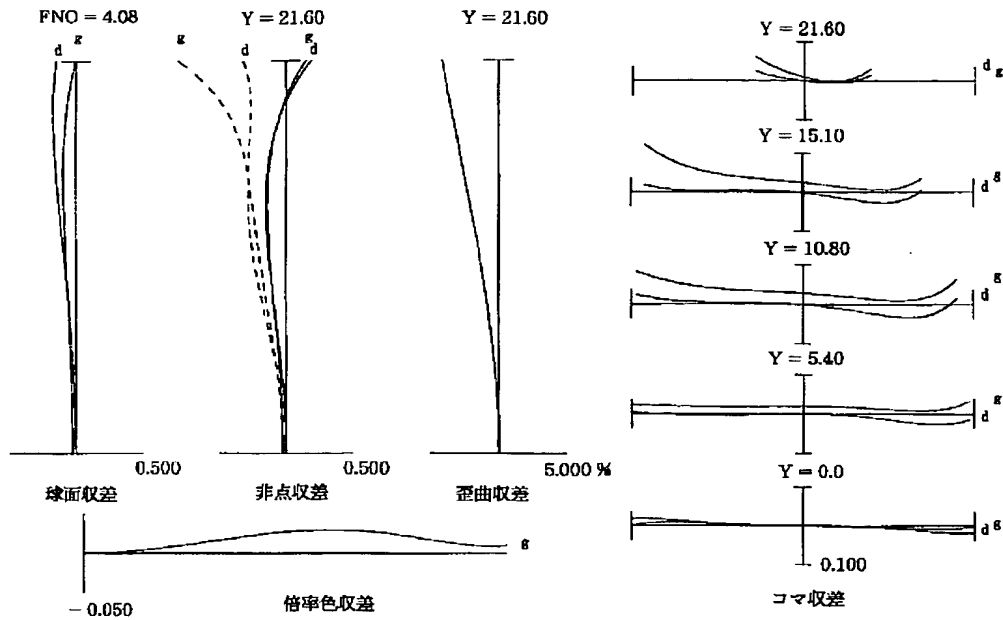


[Drawing 19]

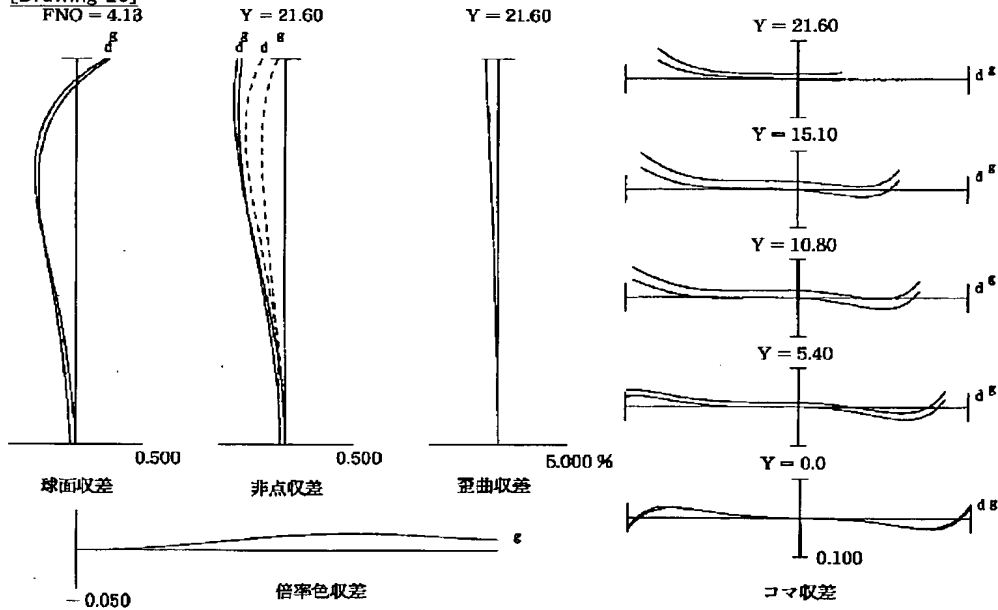


[Drawing 22]

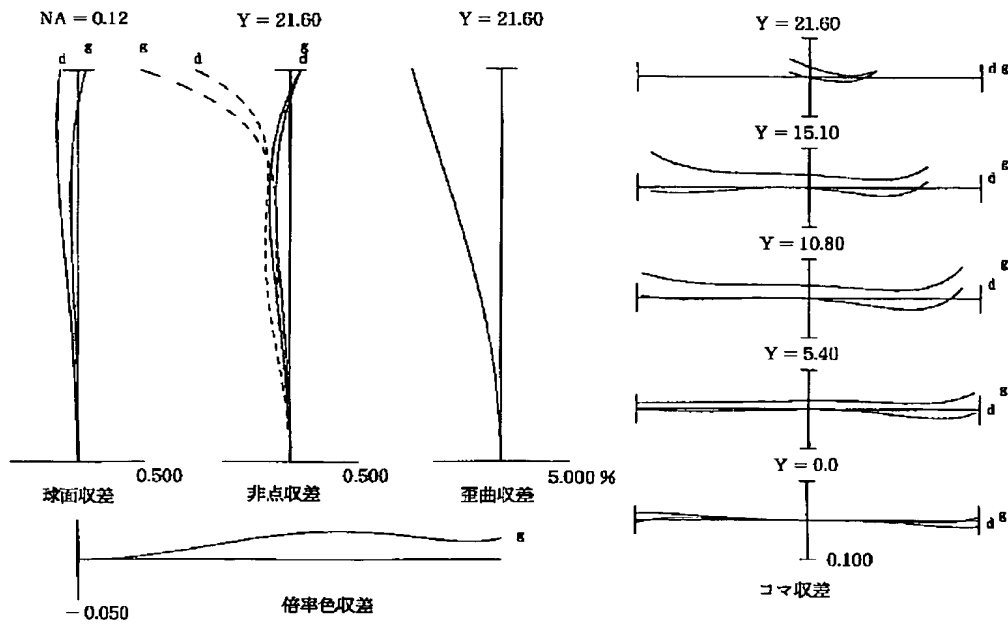




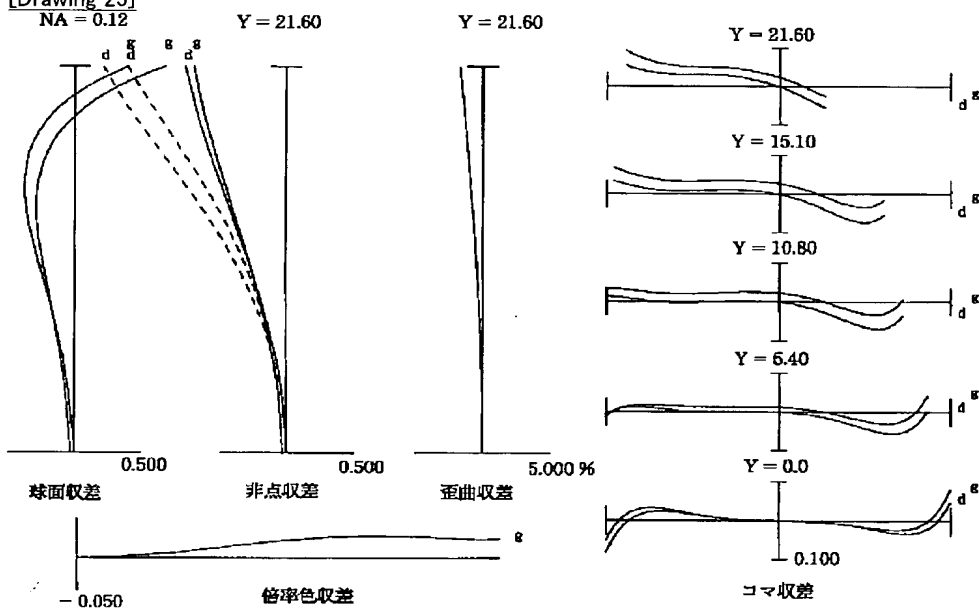
[Drawing 23]



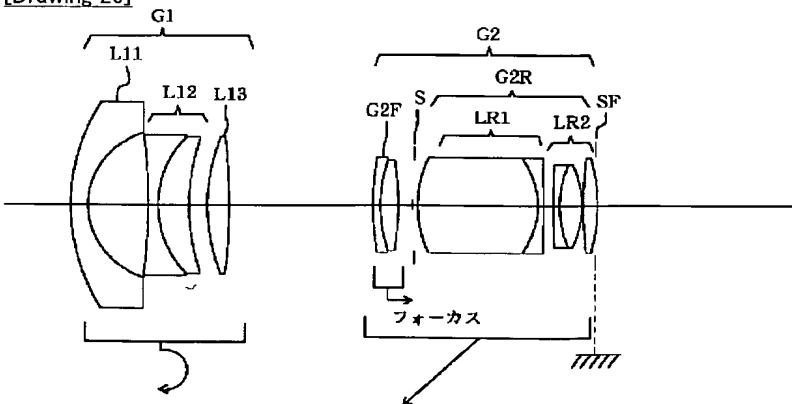
[Drawing 24]



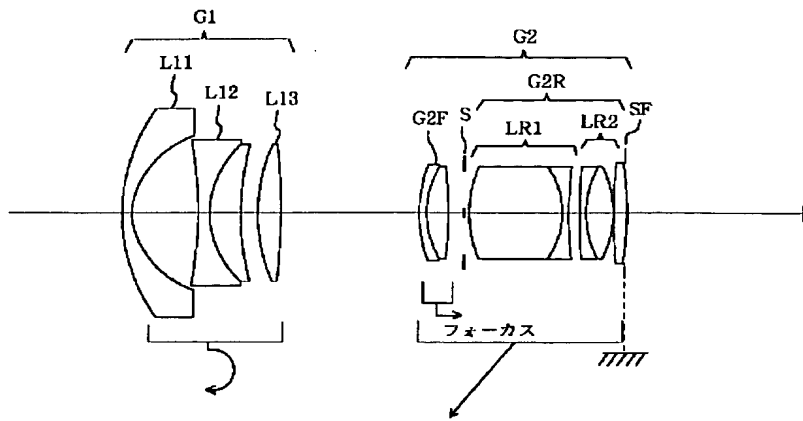
[Drawing 25]



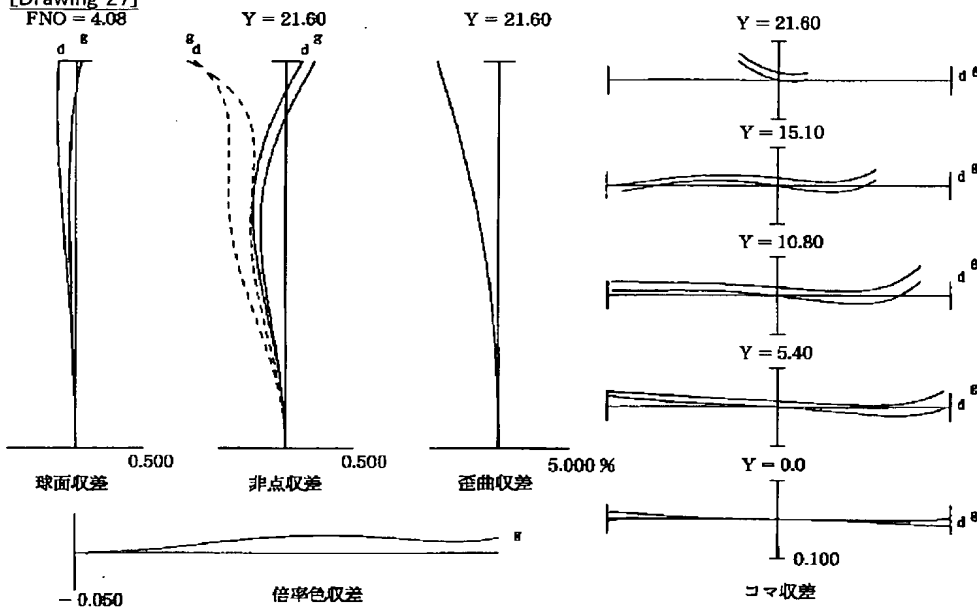
[Drawing 26]



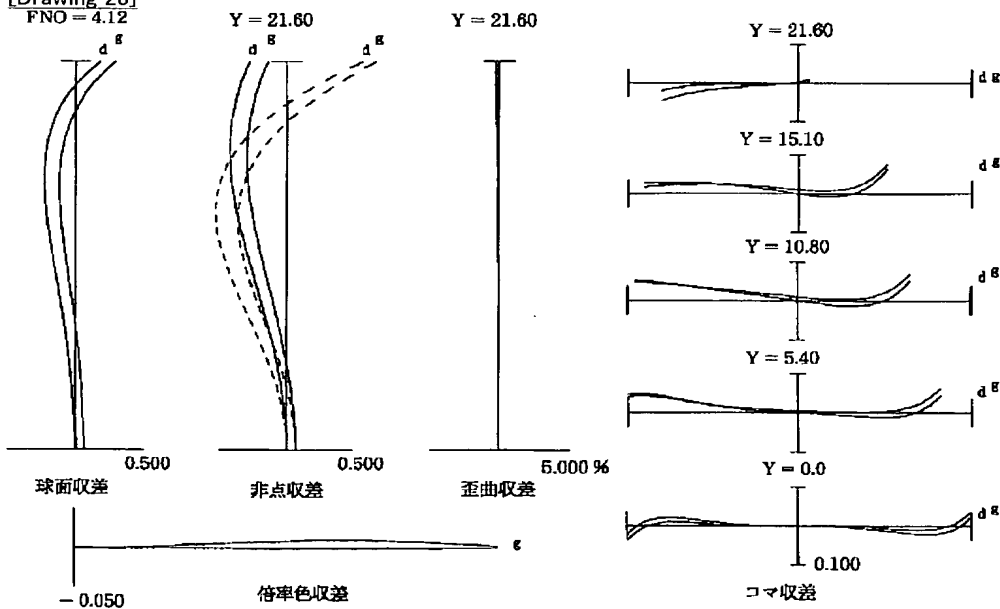
[Drawing 31]



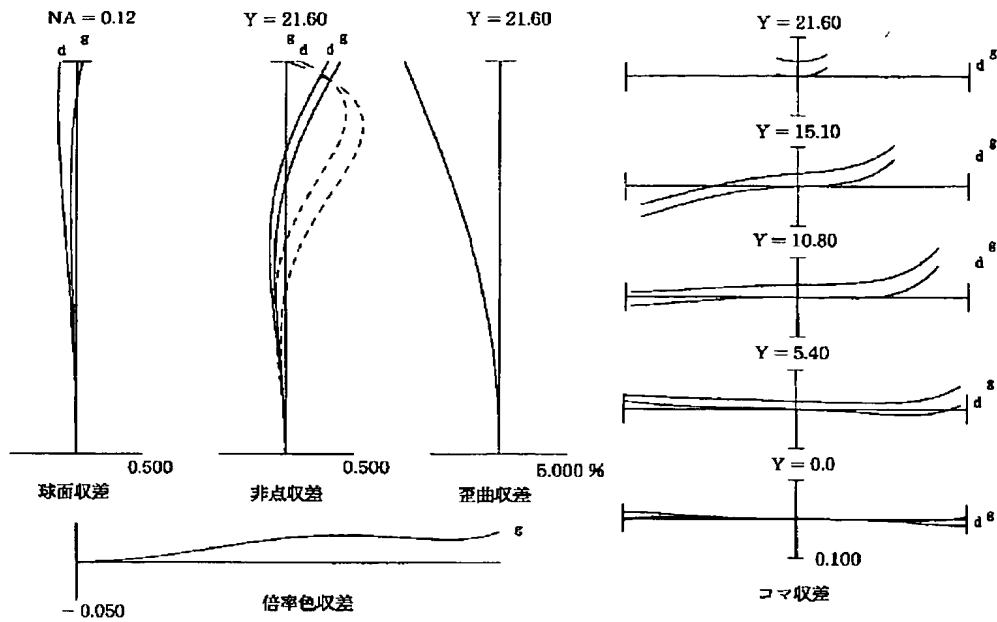
[Drawing 27]
FNO = 4.08



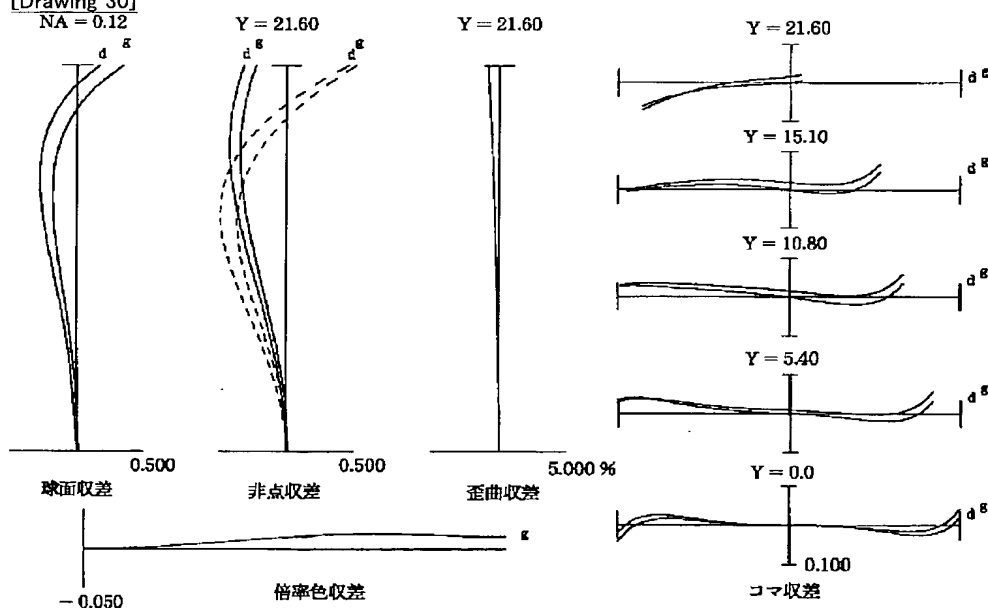
[Drawing 28]
FNO = 4.12



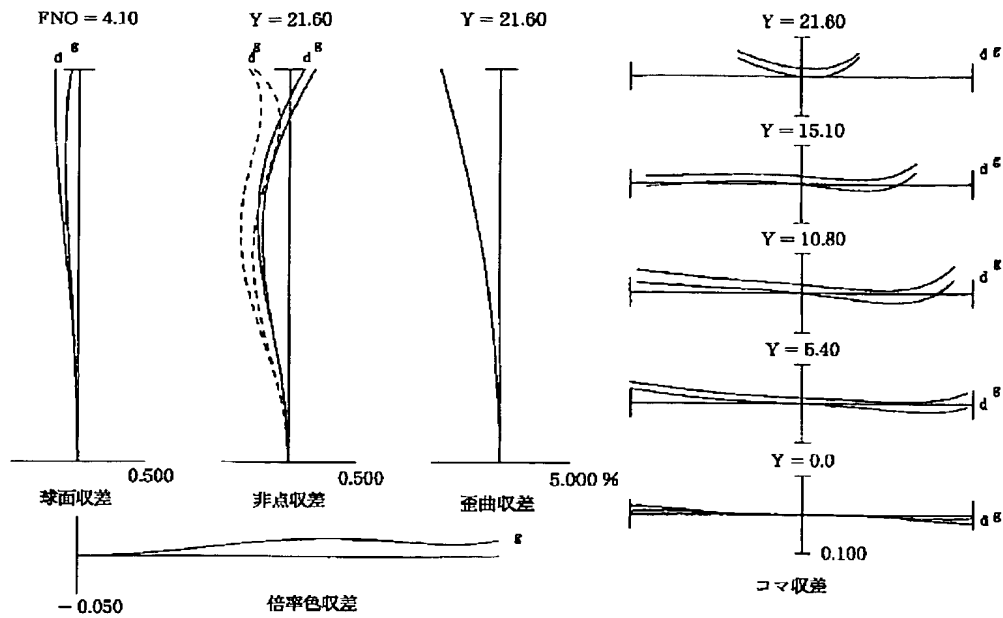
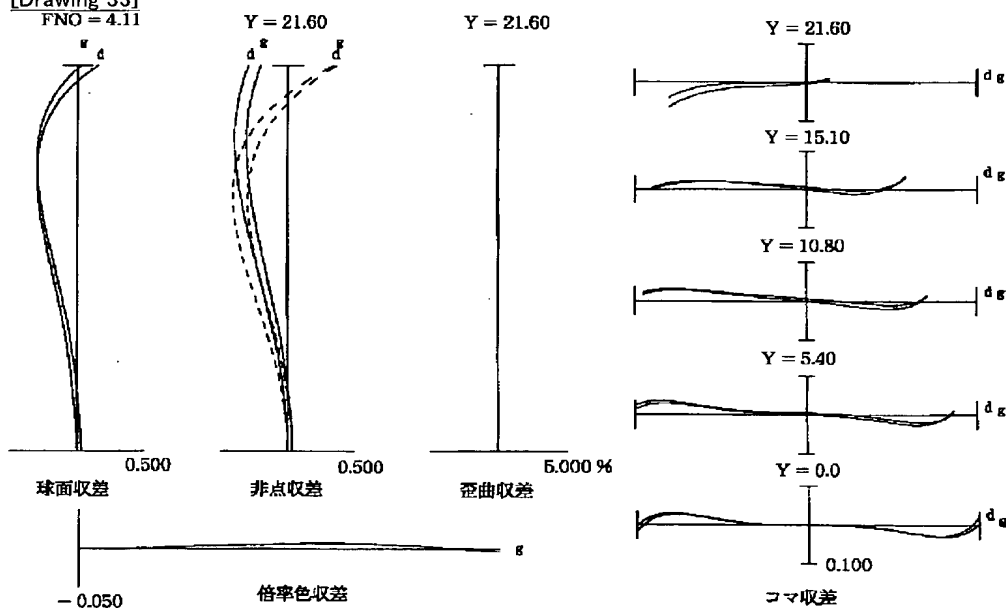
[Drawing 29]



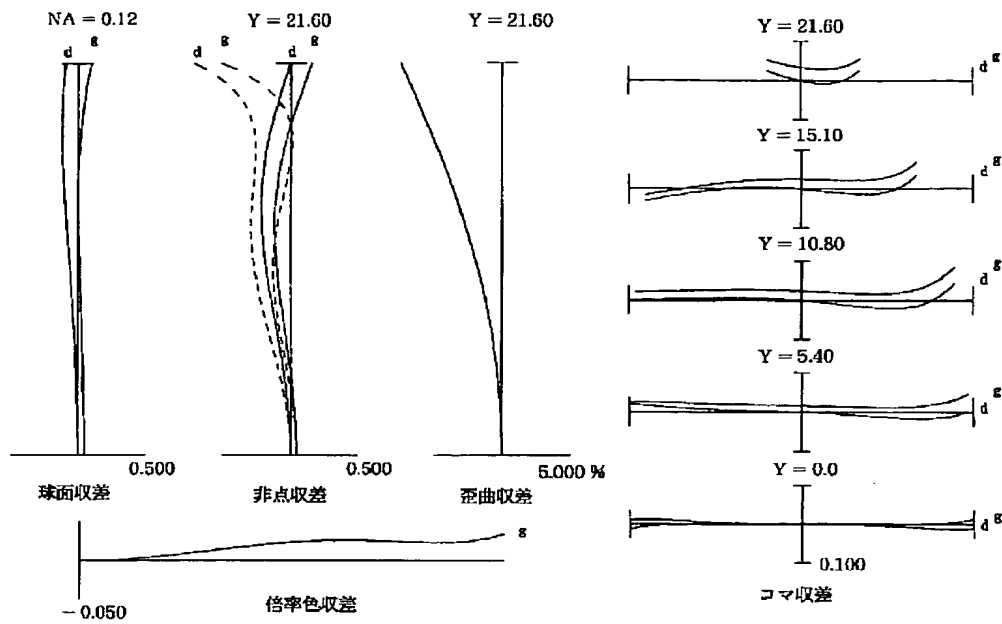
[Drawing 30]



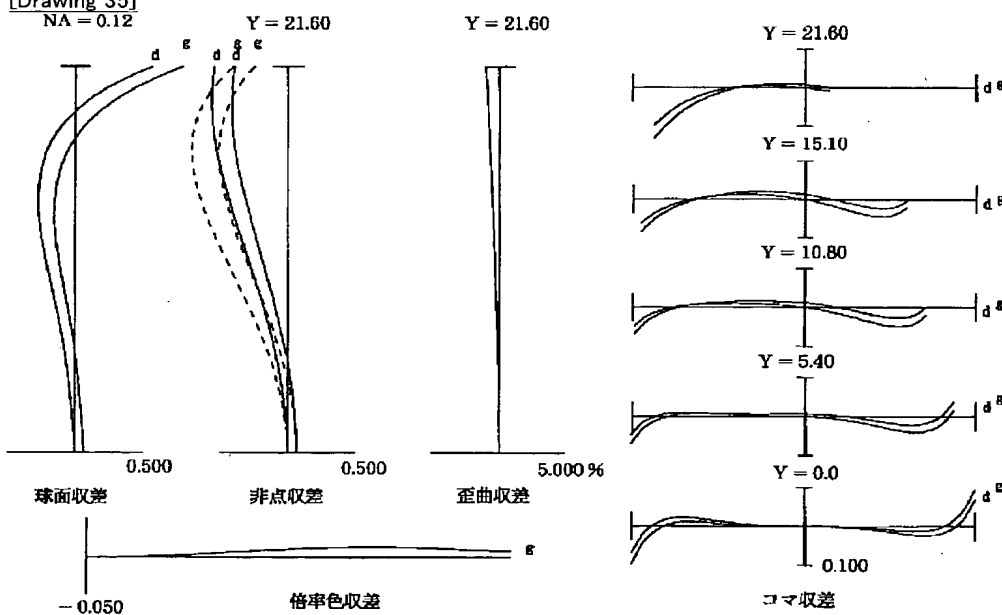
[Drawing 32]

[Drawing 33]
FNO = 4.11

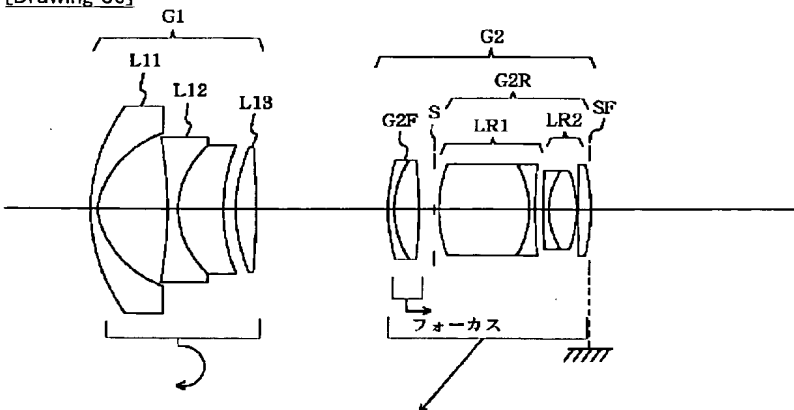
[Drawing 34]



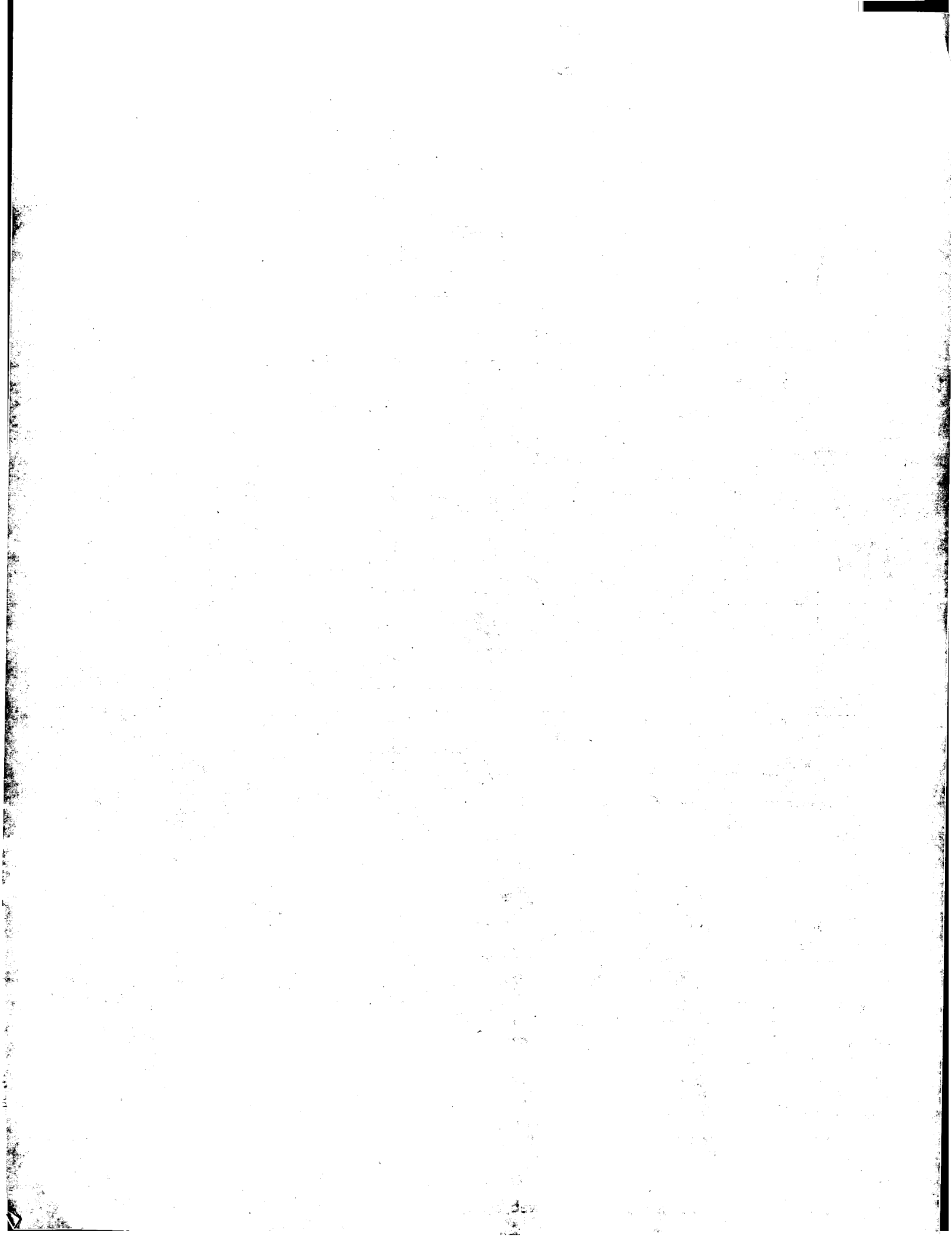
[Drawing 35]

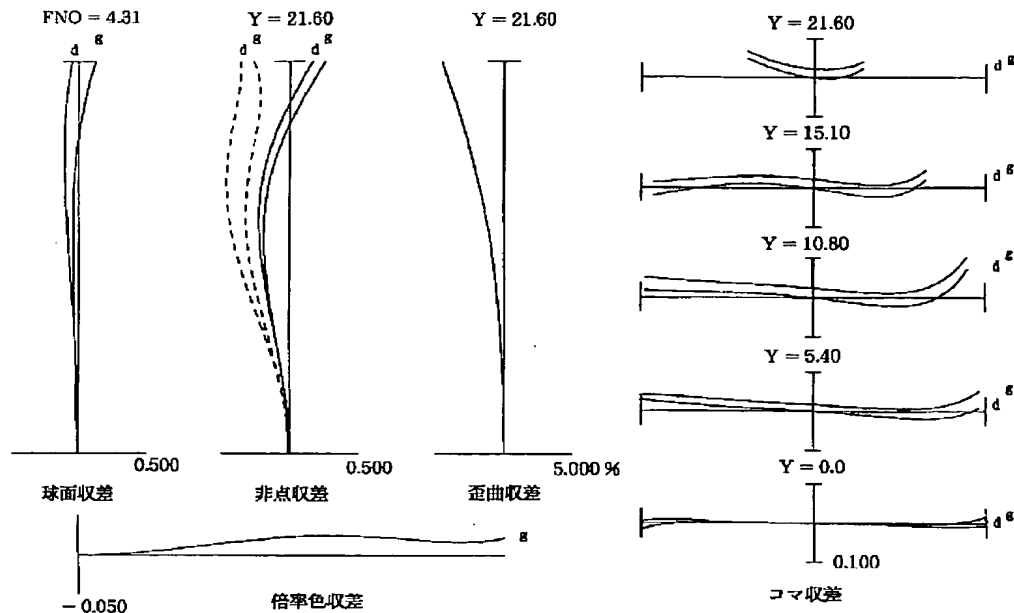


[Drawing 36]

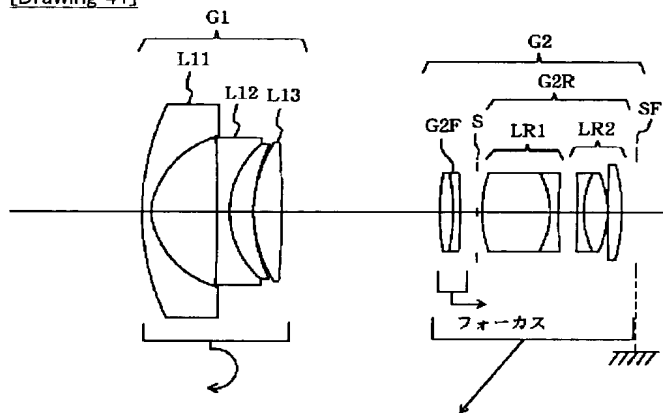


[Drawing 37]

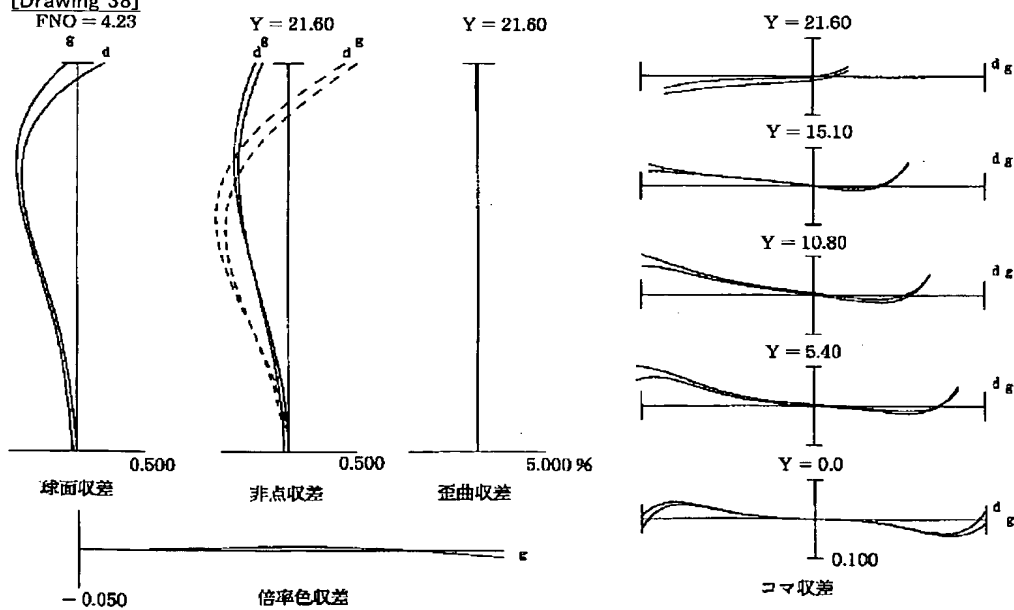




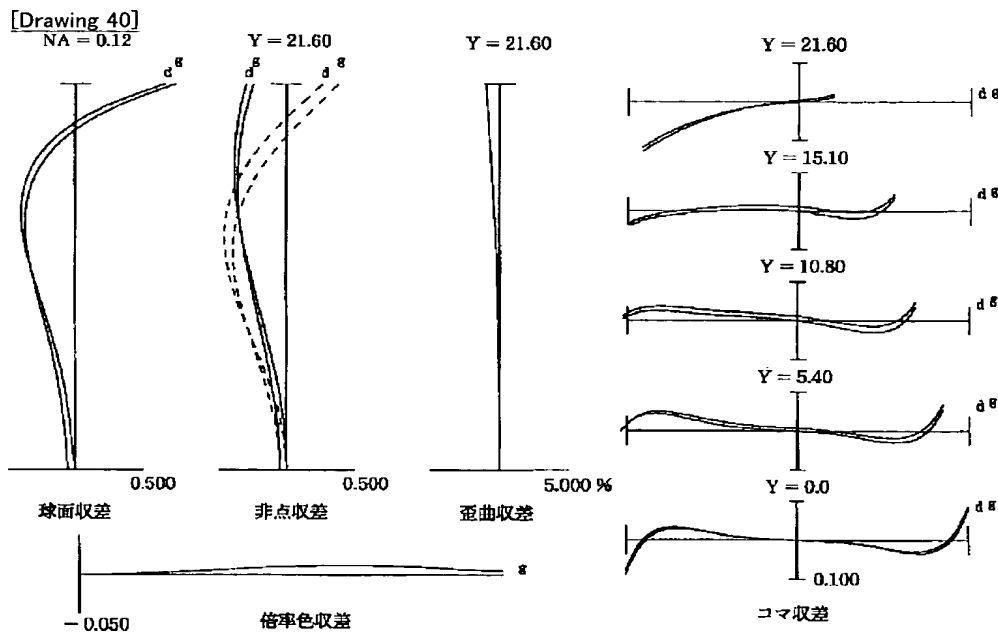
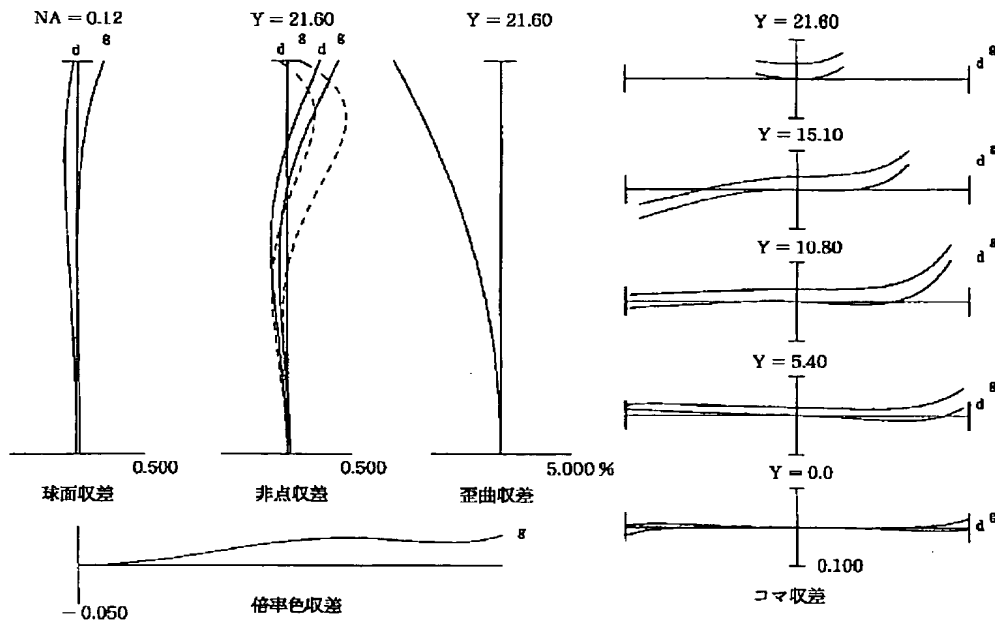
[Drawing 41]



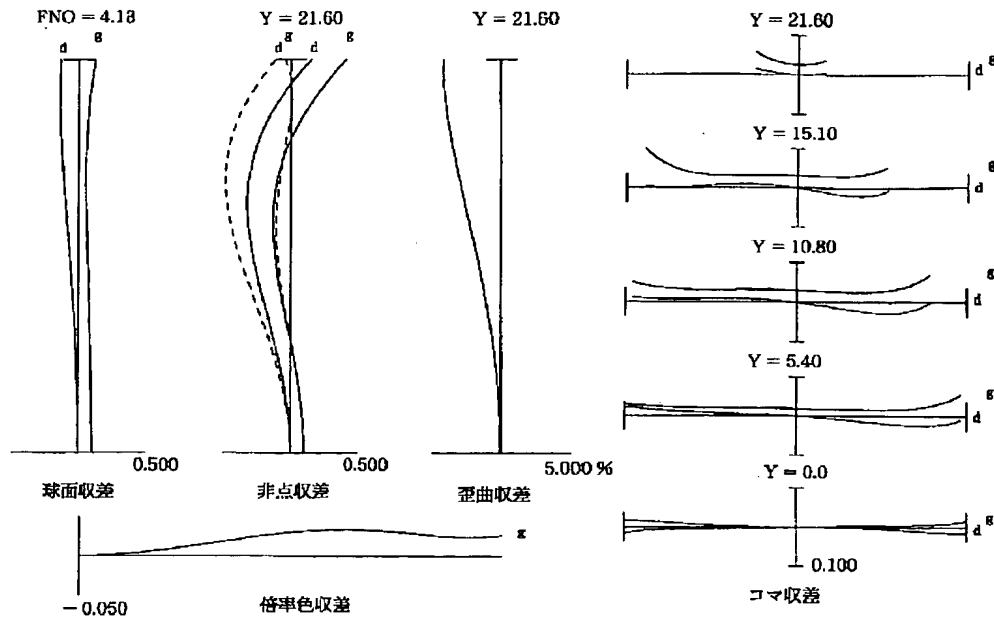
[Drawing 38]



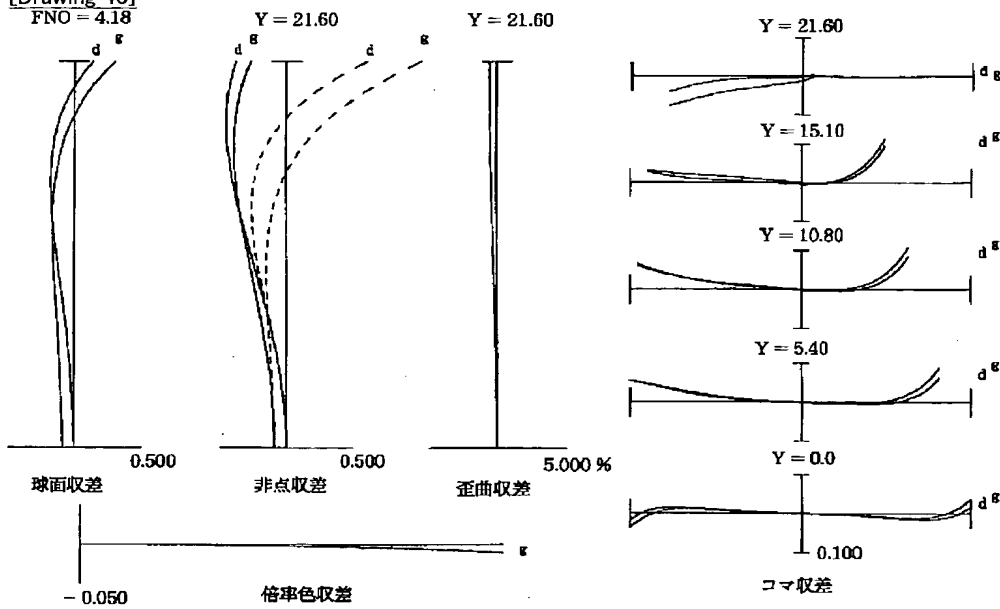
[Drawing 39]



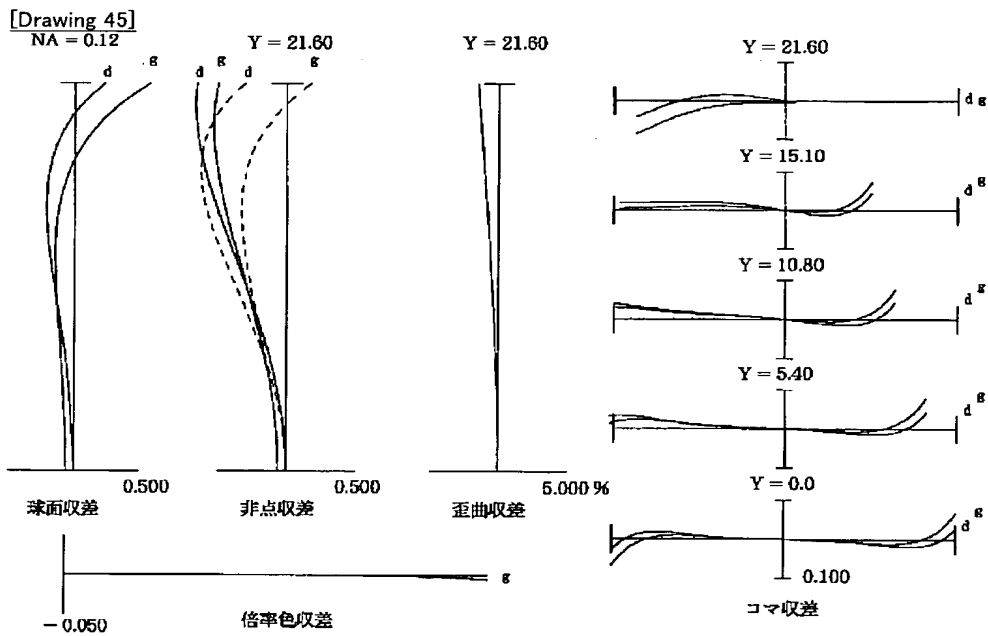
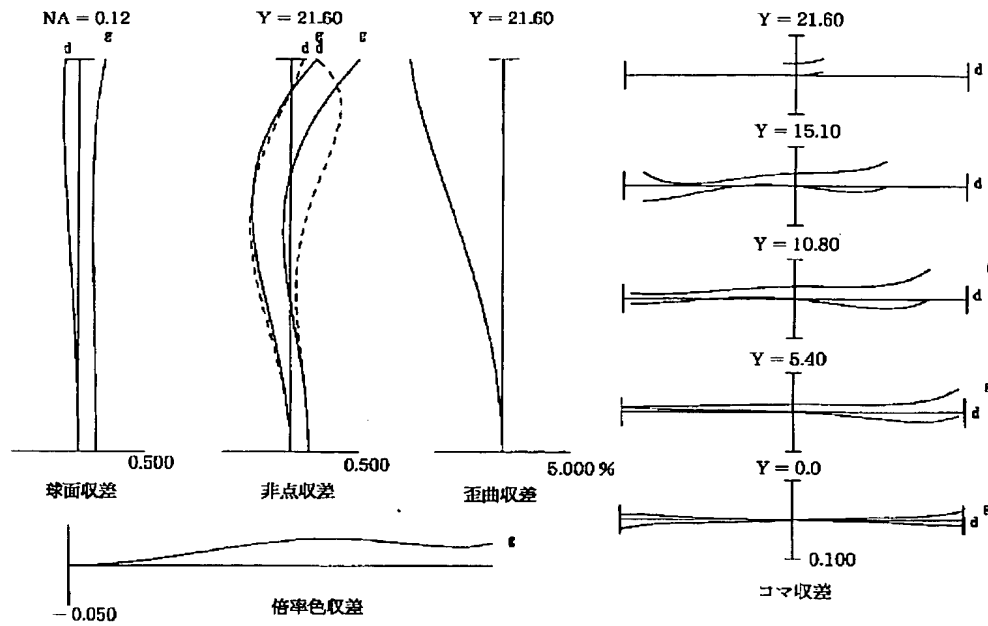
[Drawing 42]



[Drawing 43]



[Drawing 44]



[Translation done.]

